

TÉCNICA DE ATOMIZACIÓN SEGÚN VOLUMEN VEGETATIVO (T.R.V.)



José David Larios Adorna

Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica



Región de Murcia
Consejería de Agricultura
y Agua

Edita: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Consejería de Agricultura y Agua
© Copyright / Derechos reservados

Coordina y distribuye: Dirección General de Modernización de Explotaciones y Capacitación Agraria
Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica
Plaza Juan XXIII, s/n. - 30071 Murcia

Elaboración: CompoRapid

Impresión: La Tarjetería

Depósito Legal: MU-909-2008

Se autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CONCEPTO DE VOLUMEN FOLIAR	6
3. SUPUESTO PRÁCTICO.....	7
3.1. Elección de boquillas, presión de trabajo y velocidad.....	9
3.2. Utilización de las tablas de ajuste de dosis	15
4. REVISIONES Y REGULACIONES DE LA MAQUINARIA.....	18
5. RECUERDE	19
6. FÓRMULAS DE INTERÉS.....	20





1. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos a cultivos arbóreos en función de la superficie (litros/hectárea) incurren con frecuencia en falta de precisión. Esto es debido a que el volumen de vegetación cambia de forma sensible de una plantación a otra, o dentro incluso de la misma plantación, en función de:

- Estado fenológico del cultivo.
- Marco de plantación.
- Edad del cultivo.
- Estado sanitario y nutricional.

Además, en función del tipo de producto a utilizar (modo de acción y formulación) y de la plaga a combatir, el grado de cubrición sobre la hoja debe ser diferente.

Llamamos óptimo a un tratamiento cuando se consigue un grado de cubrición correcto de caldo sobre la superficie donde la plaga encuentra su hábitat natural, minimizando goteos al suelo (gota grande) y pérdidas por deriva (gota pequeña).

El **T**ratamiento por **V**olumen **V**egetativo, o TRV (siglas del inglés **T**ree **R**ow **V**olume, desarrollado por Byers et al. en 1971) permite ajustar el caldo que gastamos, para una plaga y un cultivo concreto, por volumen foliar, tratando el arbolado con la máxima eficacia y el mínimo impacto ambiental. Se mide en litros de caldo fitosanitario por metro cúbico de volumen vegetativo. La mezcla previamente se habrá preparado a la concentración recomendada en la etiqueta del envase, expresado en %, gramos por litro, centímetros cúbicos por litro, (...).

El conocimiento del volumen de masa foliar es muy importante para conseguir un buen grado de cubrición. Sin embargo, se deja normalmente al aplicador la obligación de ajustar presión, velocidad y caudal para conseguir ese grado de cubrición mediante su experiencia.

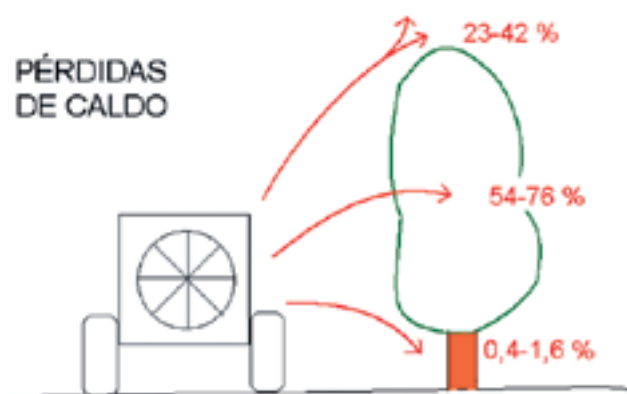
Los productos fitosanitarios incorporan para una buena eficacia, y cada vez con más frecuencia, datos relativos a:

- Dosis por TRV.
- Tamaño de gota.
- Grado de cobertura.

Como se observa en la imagen 1, cuando no se ajusta la dosis correctamente se pueden tener pérdidas (en función del volumen de caldo gastado), que pueden oscilar



Imagen 1. Posibles pérdidas en atomización.



Fuente: Planas & Pons BCPC 1991.

entre el 23 y el 42% en caso de deriva y el 0,4 y 1,6% en el caso de volúmenes que acaban en el suelo (deposiciones directas y, sobre todo, goteos desde las hojas). El volumen efectivo sobre el árbol oscila entre el 54 y el 76%.

2. CONCEPTO DE VOLUMEN FOLIAR

La dosis en litros por hectárea que usualmente aparece en la etiqueta del producto fitosanitario no contempla los aspectos vistos anteriormente. Lógicamente, esa dosis se ofrece para cultivos normales con un porte normal, y es el agricultor el que, a través

de su experiencia, la ajusta a su plantación.

Sin embargo, los plaguicidas requieren un uso cada vez más técnico; la información para su utilización debe ser exhaustiva, obligando a técnicos y a aplicadores a ajustar muy bien la dosis para que el tratamiento sea efectivo. No es lo mismo el grado de cubrición a conseguir con un producto de contacto que con uno sistémico. Por ello, ciertos productos incorporan en su información dosis por volumen vegetativo (litros de caldo/m³ de follaje). Para ello se debe calcular el volumen foliar de nuestro cultivo:

Siendo: H = altura del árbol (m).

E = ancho del árbol (m).

L = largo de la fila (m).

$$H \times E \times L = \text{m}^3 \text{ de vegetación por fila.}$$

$$(H \times E \times L) \times n^{\circ} \text{ de filas} = \text{m}^3 \text{ de vegetación de la parcela.}$$

Para calcularlo por hectárea:

$$\text{TRV} = \frac{H \text{ (m)} \times E \text{ (m)} \times 10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{A \text{ (m)}} = \text{m}^3 \text{ de vegetación/ha.}$$

Siendo:

A = distancia entre filas (m). — 10.000 = constante.



Imagen 2. Dimensiones de la masa vegetativa.

Conociendo el volumen foliar por hectárea (TRV) y el volumen de caldo por m³ de follaje (V) recomendado por el fabricante para ese producto fitosanitario, podemos ajustar el gasto de caldo por hectárea (D) específico para nuestra plantación:

$$D \text{ (L/ha)} = \text{TRV (m}^3\text{/ha)} \times V \text{ (L/m}^3\text{)} \times i$$

Siendo i el índice de ajuste de la masa foliar. Este índice corrige el volumen foliar en función del sistema de poda y conducción de los árboles, de forma que a mayor densidad de follaje mayor será su valor, aproximándose a 1.

A continuación se describe como varía este índice:

Tabla 1. Índice foliar.

I	DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL
0,70	Extremadamente abierto, la luz penetra a través de todo el árbol, o árboles jóvenes.
0,75	Muy abierto, buena penetración de luz, dardos vigorosos dentro de la copa.
0,80	Bien podado, adecuada luz en la planta, dardos vigorosos en toda la copa. Muchos espacios libre en el follaje que permite la entrada de luz.
0,85	Moderadamente bien podado, población razonable de dardos en la copa. Follaje no permite la entrada de luz en los dos tercios inferiores del árbol.
0,90	Podado mínimamente. Dardos dentro de la copa débiles por falta de luz. Muy pocos espacios para que penetre la luz.
0,95	Poco o nada podado. Dardos muertos o muy débiles en la copa. Muy poca luz visible a través del árbol.
1	No podado. Sin penetración de luz en la copa. Árboles de más de 6,1 m. de altura.

Fuente: Goodwin y Wilson (2000).

3. SUPUESTO PRÁCTICO

Se describe a continuación un ejemplo de atomización donde se deben fijar los parámetros que regulan cualquier fumigación, partiendo de un TRV calculado previamente.

Tres son los parámetros directos que afectan al gasto por hectárea:

- Presión del circuito.
- Caudal de las boquillas.
- Velocidad de avance.

Consideramos una plantación de melocotoneros adultos en riego por goteo, con un marco de plantación de 4 x 4,5 m². Su porte nos da una altura de 2,5 m. y un ancho de 2,5 m. Por tanto, el TRV teórico por hectárea sería:

$$\text{TRV} = \frac{2,5 \times 2,5 \times 10.000}{4,5} \times i = 13.889 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,70 = 9.722 \text{ m}^3/\text{ha}.$$



Imagen 3. Atomizador arrastrado.



Imagen 4. Dimensiones para el TRV.

El índice foliar se ajusta a 0,70, al tratarse de un cultivo con sistema de poda en vaso y en fase de engorde del fruto. Especies como limonero, naranjo, y albaricoquero requerirían de índices superiores, al ser su copa más densa, acercándose en algunos casos a 0,9.

Se trata de una fumigación contra Oidio (*Sphaerotecha pannosa*) en crecimiento del fruto mediante un equipo atomizador arrastrado, de 1.000 L. de capacidad, con 16 boquillas. El producto utilizado, familia de los triazoles, sistémico, recomienda un gasto de caldo de 70,5 cm³/m³ de follaje. Por tanto, el gasto por hectárea según el TRV, será:

Como: 70,5 cm³ = 0,0705 litros.

9.722 m³/ha x 0,0705 L/m³ = 685 L/ha.

El gasto de caldo por m³ es diferente para cada tipo de plaguicida, en función de:

- Si actúa por contacto, ingestión o inhalación.
- Su comportamiento sobre la planta: superficial, penetrante o sistémico.

Se deben consultar previamente las dosis por TRV, junto con los grados de cubrición y tamaño de gota, en la información técnica del producto fitosanitario; en su defecto, con el Técnico distribuidor o personal con conocimientos técnicos en tratamientos fitosanitarios.



Imagen 5. Preparación del caldo.



3.1. Elección de boquillas, presión de trabajo y velocidad

Boquillas

La elección de la boquilla es importante porque favorece la uniformidad y el grado de cubrición en el tratamiento, a parte de regular el caudal. Depende de la plaga, del cultivo, del producto a utilizar y del equipo de tratamiento.

Las principales características de las gotas en función de su tamaño son:

Gotas grandes (a partir de 201 μ)

Ventajas:

- Menos deriva.
- Menos evaporación.

Inconvenientes:

- Menor cobertura.
- Incrementan el chorreo desde las hojas al suelo.
- Menor penetración.

Gotas pequeñas (hasta 200 μ)

Ventajas:

- Mayor cobertura.
- Mayor penetración.

Inconvenientes:

- Mayor deriva.
- Mayor evaporación.

Debe existir en la población de gotas un porcentaje suficiente de gotas grandes que permitan una buena agitación de las hojas, para conseguir que la penetración de las gotas pequeñas sea buena.

Este equilibrio de tamaños se mide con el índice SPAN, que se expresa como sigue:

$$\text{SPAN} = \text{DVM}/\text{DNM}$$

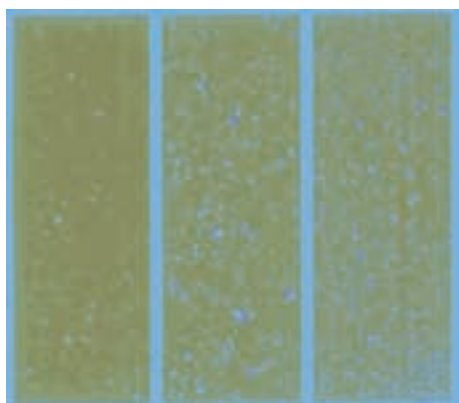
Siendo:

DVM el diámetro volumétrico medio. Resulta de dividir el volumen total aplicado en dos partes iguales. Una de ellas conteniendo a las gotas pequeñas, otra conteniendo a las más grandes.

DNM el diámetro numérico mediano, resultante de separar la población de gotas en dos partes, de un lado las gotas pequeñas, y de otro las más grandes.



Imagen 6. Papeles hidrosensibles.



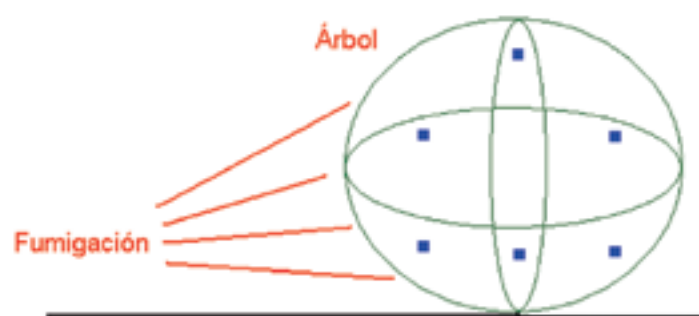
Fuente: HARDI.

Imagen 7. Patrones de tamaño y grado de cubrición.

Cobertura	Porcentaje de cobertura	Tamaño de gota (µm)	STP Referencia
85	10%	200	
70	20%	275	
60	30%	300	
55	40%	310	
40	50%	325	

Fuente: HARDI.

Imagen 8. Disposición tridimensional de papel hidrosensible en árbol.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9. Colocación de papel hidrosensible.



Ambos valores se obtienen en laboratorio después de aplicar una probabilidad logarítmica.

El índice SPAN es diferente según el tipo de boquilla, nos da idea de la homogeneidad de la población de gotas, utilizándose los siguientes rangos como orientativos para cada tipo:

- De turbulencia 1,8 - 5,0
- De abanico 2,0 - 8,0
- Deflectoras..... 1,0 - 3,0
- Centrífugas..... 1,2 - 1,6

Una vez conocida la dosis a utilizar por hectárea según TRV, elegiremos la boquilla que nos ofrezca ese gasto por hectárea, a la presión y velocidad recomendada, y que además nos garantice el grado de cubrición deseado. Esta última comprobación se hará mediante la utilización de papeles hidrosensibles colocados en diferentes partes del árbol, y con los que se realizan pruebas previas en las condiciones de trabajo establecidas. Dichos papeles recogen los impactos por centímetro cuadrado.

Mediante comparación con unos patrones preexistentes se obtiene el número aproximado de gotas por centímetro cuadrado y el tamaño de gota de nuestro tratamiento.

De forma genérica, los fitosanitarios requieren del siguiente grado de cubrición:

Tabla 2. Grado de cubrición por modo de acción.

Tipo de producto	Nº gotas/cm ²	Tamaño de gota (µ)	Homogeneidad de aplicación
Contacto/penetración	50-60	100-150	Muy alta
Sistémico	30-40	150-250	Alta
Fase gaseosa	10-20	< 100	Indiferente

Fuente: Elaboración propia.

En función del tipo de la plaga a combatir, el Código FAO recomienda:

Tabla 3. Grado de cubrición por tipo.

Aplicación	Nº gotas/cm ²	Tamaño de gota (μ)
Insecticidas	20-30	200-300
Fungicidas	50-70	100-150

Fuente: FAO.

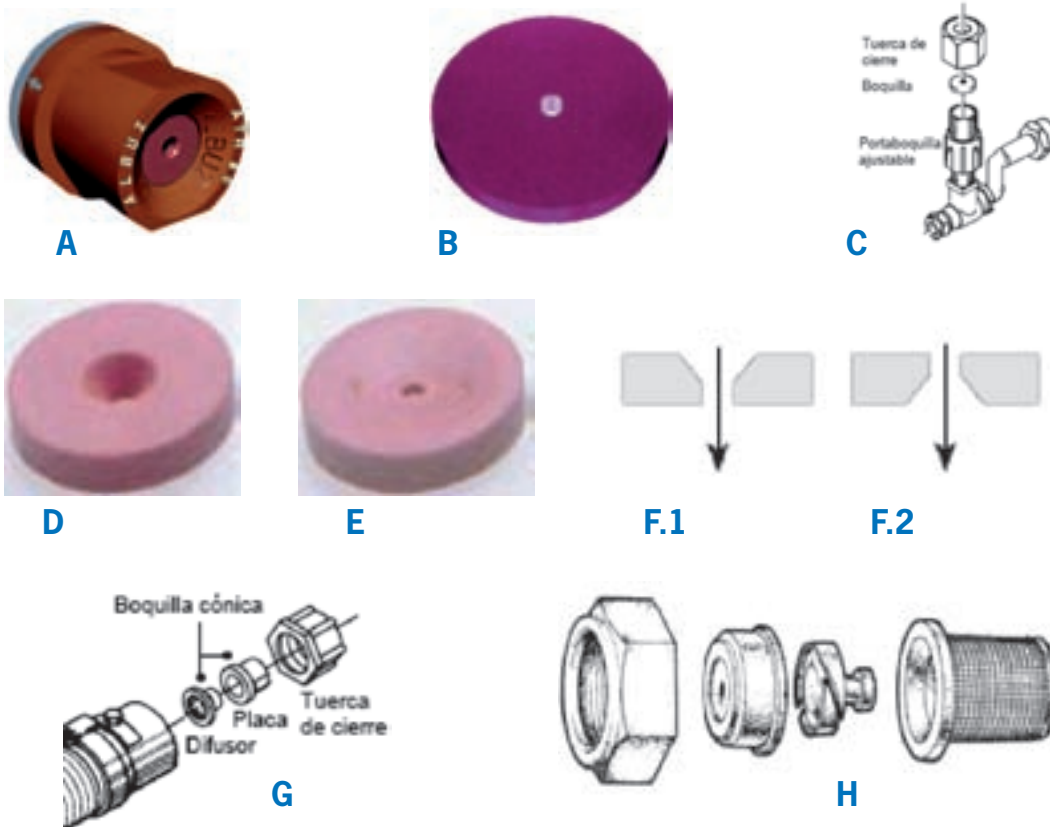
Las boquillas más utilizadas en atomización son las de cono hueco, ya sean de cerámica (tipo ATR) o de discos.

Se caracterizan ambas por su elevada resistencia a altas presiones. Las de disco permiten invertir la posición del mismo, consiguiendo así modificaciones en el ángulo de cobertura y en el caudal:

Imagen 10. Diferentes papeles hidrosensibles en campo.



Imagen 11. Diferentes tipos de boquillas en atomización.



A: Boquilla de turbulencia ATR. – **B:** Disco. – **C:** Componentes de boquilla de disco. – **D y E:** Disco en sus 2 posibles posiciones. – **F:** Detalle del ángulo del disco en función de su posición. – **F.1:** Mayor caudal, menor ángulo de cobertura. – **F.2:** Menor caudal, mayor ángulo de cobertura. – **G y H:** Componentes de boquilla ATR.

Fuente: HARDI.



Imagen 12. Detalle de boquilla de cono hueco.



Imagen 13. Jet orientable para cambio de boquilla.

Presión

Para elegir la boquilla debemos fijar la presión de trabajo de nuestro equipo. La elección de la misma depende de:

- Tipo de tratamiento.
- Equipo utilizado.
- Tipo de producto y plaga a combatir.
- Cultivo.

En caso de cultivos frutales, y considerando que utilizamos un atomizador, las presiones de trabajo se sitúan entre las 20 y las 40 atmósferas (20,26-40,52 bares). La boquilla elegida será la que nos dé el caudal para la presión predeterminada.



Imagen 14. Diferentes juegos de boquillas.



Imagen 15. Detalle de manómetro.

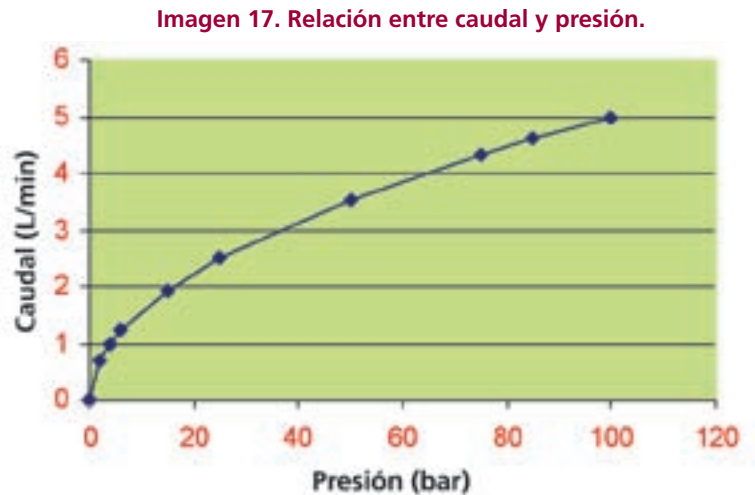


Imagen 16. Reloj de manómetro.

El incremento de la presión provoca:

- Disminución del tamaño de la gota.
- Mayor número de gotas.
- Aumento de caudal.

La relación entre caudal y presión es exponencial; aumentos de presión vienen acompañados de incrementos de caudal hasta un cierto punto, definido por la sección de salida de la boquilla, densidad del líquido y otros parámetros constructivos del circuito de presión del equipo de tratamiento:



Fuente: Elaboración propia.

$$q = P^{1/2} \times K$$

Siendo:

q = caudal de la boquilla.

P = presión de trabajo del equipo.

K = constante. Diferente para cada boquilla.

La presión nunca debe servir para alcanzar caudales mayores a los actuales. Si queremos incrementar el caudal habrá que sustituir boquillas o disminuir velocidad según los cálculos que se explican a continuación.

Es un parámetro de uso técnico, específico para cada producto fitosanitario y tipo de tratamiento, y solo debe modificarse, levemente, sobre el valor recomendado para ajustar tamaño y población de gotas. Su incremento por encima de los valores tolerados para la boquilla no supone aumentos de caudal, y puede provocar roturas.

Velocidad de avance

La velocidad afecta a la dosis por hectárea. Para una presión y caudal fijos, a mayor velocidad menor gasto por unidad de superficie. La relación es la siguiente:

$$V = \frac{Q \times 600}{a \times v}$$

Siendo:

V = dosis (L/ha).

Q = caudal del equipo (L/min).

600 = constante.

a = ancho de tratamiento (m).

v = velocidad (Km/h).

La atomización es un tipo de pulverización hidroneumática; es decir, se obtiene la gota a partir de una energía hidráulica (bomba) y otra neumática (ventilador), que impulsa axialmente a las gotas pulverizadas.

La velocidad de avance depende del caudal de aire del ventilador, utilizándose frecuentemente la siguiente fórmula para conocer la velocidad máxima recomendable en atomización:

$$v = \frac{q_v \times f}{1000 \times d \times h}$$

Siendo:

v = velocidad de avance (Km/h).

q_v = caudal del ventilador (m^3 aire/h).

f = factor que varía de 2,5 para cultivos poco densos a 3,5 para los muy densos (tomamos como valor 2,5 en nuestro caso).

1000 = constante.

d = distancia entre filas (m).

h = altura de los árboles (m).

Esta limitación se aplica porque velocidades de avance altas pueden ocasionar ángulos de impacto de las gotas sobre el árbol demasiado grandes sobre la perpendicular, que provocarían zonas no tratadas o poco cubiertas, e incluso, rebotes y mala deposición de las mismas sobre hojas o tronco.

Tabla 4. Caudal de aire del ventilador.

Grados inclinación alabes	Toma de fuerza	Apertura canal	m/s	m^3/h	Kw
30 °	450	130	30	48000	16
	540	140	32	57000	28
35 °	450	140	33	58000	26
	540	150	36	69000	40
40 °	450	160	35	67000	34
	540	170	38	81000	54

Fuente: HARDI.

Por tanto, y considerando 50.000 m^3/h de aire movidos por nuestro ventilador (de 850 mm. de diámetro), la velocidad máxima de avance es:

$$v = \frac{50000 \times 2,5}{1000 \times 4,5 \times 2,5} = 11,11 \text{ Km/h.}$$

3.2. Utilización de las tablas de ajuste de dosis

Las fórmulas anteriores se pueden sustituir por la correcta utilización de la tabla que los equipos atomizadores incorporan en el depósito de los mismos.

Para una misma boquilla, la tabla nos informa del rango de presiones de trabajo de aquella. Si elegimos la boquilla naranja, y la presión óptima para nuestros cultivo y producto fitosanitario (según recomendación de la etiqueta y condiciones climáticas) es de 25 bares:



Imagen 18. Ventilador y arco de distribución de boquillas.

Tabla 5. Rango de presiones.

Ref. Color		Bares
		15
		20
		25
		30
		35
NARANJA	Filtro M	40

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la tabla siguiente como a esa presión, y a 7 Km/h, la dosis por hectárea aportada por el equipo (685,71 L/ha) se acerca a la recomendada según el TRV calculado anteriormente (685 L/ha):

Tabla 6. Dosis por hectárea a diferentes velocidades.

L/min	4	5	6	7	8	10	12
1,94	929,52	743,61	619,68	531,15	464,76	371,81	309,84
2,24	1073,31	858,65	715,54	613,32	536,66	429,33	357,77
2,50	1200,00	960,00	800,00	685,71	600,00	480,00	400,00
2,74	1314,53	1051,63	876,36	751,16	657,27	525,81	438,18
2,96	1419,86	1135,89	946,57	811,35	709,93	567,94	473,29
3,16	1517,89	1214,31	1011,93	867,37	758,95	607,16	505,96

Fuente: Elaboración propia.

Observamos ahora la tabla completa:

Tabla 7. Elección de presión y velocidad, boquilla naranja.

Ref. Color		Bares	L/min	4	5	6	7	8	10	12
		15	1,94	929,52	743,61	619,68	531,15	464,76	371,81	309,84
		20	2,24	1073,31	858,65	715,54	613,32	536,66	429,33	357,77
		25	2,50	1200,00	960,00	800,00	685,71	600,00	480,00	400,00
		30	2,74	1314,53	1051,63	876,36	751,16	657,27	525,81	438,18
		35	2,96	1419,86	1135,89	946,57	811,35	709,93	567,94	473,29
NARANJA	Filtro M	40	3,16	1517,89	1214,31	1011,93	867,37	758,95	607,16	505,96

Fuente: Elaboración propia.

Considerando 5 Km/h como la velocidad más adecuada tanto desde el punto de vista económico, como de estabilidad y homogeneidad en la aplicación, lo adecuado sería buscar otra boquilla que nos diera a esa presión y velocidad el gasto de 685 L/ha:

Tabla 8. Elección de presión y velocidad, boquilla azul.

Ref. Color		Bares	L/min	4	5	6	7	8	10	12
		15	1,36	650,66	520,53	433,77	371,81	325,33	260,26	216,89
		20	1,57	751,32	601,06	500,88	429,33	375,66	300,53	250,44
		25	1,75	840,00	672,00	560,00	480,00	420,00	336,00	280,00
		30	1,92	920,17	736,14	613,45	525,81	460,09	368,07	306,72
		35	2,07	993,90	795,12	662,60	567,94	496,95	397,56	331,30
AZUL	Filtro M	40	2,21	1062,53	850,02	708,35	607,16	531,26	425,01	354,18

Fuente: elaboración propia.

Supongamos que disponemos de otra boquilla, a 5 Km/h y 25 bares de presión, con la boquilla azul el atomizador ofrece 672 L/ha. Como queremos llegar a los 685 L/ha, se podría bajar la velocidad en la cantidad resultante de aplicar la fórmula vista antes:

$$V = \frac{Q \times 600}{a \times v}$$

Despejando:

$$v = \frac{Q \times 600}{a \times V} = \frac{(1,75 \times 16) \times 600}{5 \times 685} = 4,90 \text{ Km/h.}$$

Siendo:

v = velocidad de avance (Km/h).

Q = caudal del equipo = q (caudal de boquilla) x nº de boquillas.

a = ancho de tratamiento (m), 5 en nuestro caso.

V = dosis (L/ha).

Habría que ajustar la velocidad a 4,9 km/h, lo que puede ser poco operativo, considerando las irregularidades del terreno y la escasa precisión de los velocímetros que montan los tractores.

Si sólo dispusiéramos de la boquilla naranja (Tabla 7), y suponiendo la velocidad en 5 Km/h, podremos ajustar la dosis mediante disminución en la presión, recurriendo a la fórmula anterior:

$$V \text{ (L/ha)} = \frac{Q \text{ (L/min)} \times 600}{a \text{ (m)} \times v \text{ (Km/h)}}$$

De donde:

$$Q = \frac{V \times a \times v}{600} = \frac{685 \times 5 \times 5}{600} = 28,54 \text{ L/min.}$$

El caudal unitario (q), o caudal por boquilla, teniendo en cuenta que el atomizador dispone de 16 boquillas (8 a cada lado) será:

$$q = \frac{Q}{\text{N}^\circ \text{ boquillas}} = \frac{28,54}{16} = 1,78 \text{ L/min.}$$

Según la fórmula que relaciona caudal y presión:

$$q = P^{1/2} \times K$$

De aquí se desprende que:

$$\begin{aligned} (q_{\text{nuevo}} / q_{\text{conocido}})^2 \times P_{\text{conocida}} &= P_{\text{nueva}} \\ (1,78 / 2,50)^2 \times 25 &= 12,60 \text{ bar} = P_{\text{nueva}} \end{aligned}$$

Siendo q_c el caudal de la boquilla naranja, a 25 bares de presión.

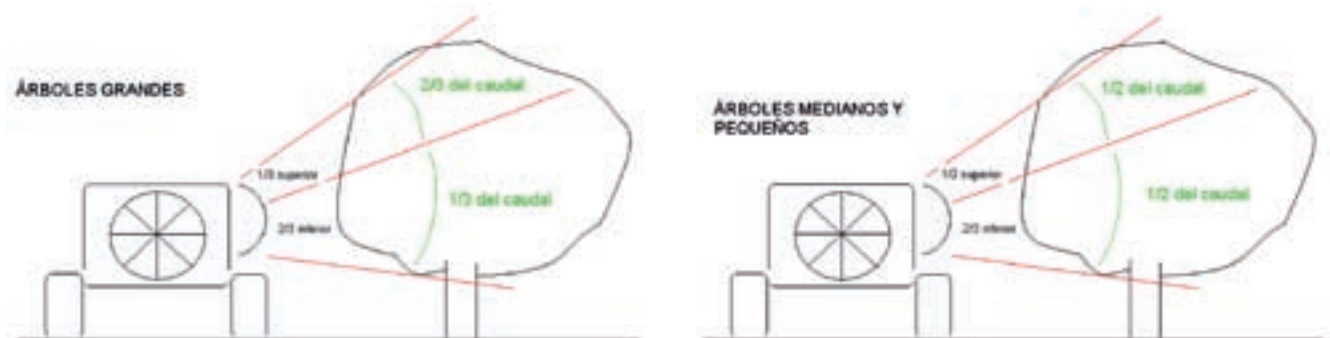
Es decir, pasar de 7 a 5 Km/h manteniendo los 685 L/ha con la boquilla naranja supone bajar de los 25 bares recomendables a 12,5 bares, presión claramente insuficiente. La solución debe ser sustituir las 16 boquillas por otras que a esa presión de 25 bares nos den el caudal deseado a 5 Km/h.

Aunque las plagas se suelen alojar en la parte interna de la copa, preferentemente en el envés de las hojas, el grado de cobertura debe ser igual en todo el árbol en la mayoría de los tratamientos, lo que supone que la parte alta de los árboles debe recibir el mismo grado de cobertura que la parte baja.

Sin embargo, los atomizadores no permiten, en su mayoría, trabajar con secciones de presión independientes. Una solución es utilizar en el tercio superior del abanico de boquillas de ambos lados, boquillas de mayor caudal, de forma que el reparto, en función del porte del arbolado, sea como sigue:

- Para árboles grandes el tercio superior del ángulo de cobertura del atomizador debe suministrar dos terceras partes del caudal, aportando los dos tercios inferiores una tercera parte del caudal.

Imagen 19. Reparto de caudales en función del porte del árbol.



Fuente: Brann, J.L. (1985).

- Para árboles medianos y pequeños el tercio superior del arco de boquillas debe aportar la mitad del caudal y los dos tercios inferiores la otra mitad.

En el caso del cultivo de melocotoneros anterior el porte es asimilable al caso de árboles medianos y pequeños. Es decir, el tercio superior del arco de boquillas de cada lado del equipo debe aportar la mitad del caudal:

$$\frac{8 \text{ boquillas}}{3} = 2,6 \approx 3 \text{ boquillas en el tercio superior.}$$
$$\frac{Q \text{ (L/min)}}{2} = \frac{28,54 \text{ L/min}}{2} = 14,27 \text{ L/min por cada arco del equipo}$$

Por tanto:

$$\frac{14,27 \text{ L/min}}{2} = 7,13 \text{ L/min.}$$
$$\frac{7,13 \text{ L/min}}{3} = 2,37 \text{ L/min. es el caudal unitario de las 3 boquillas.}$$
$$\frac{7,13 \text{ L/min}}{5} = 1,42 \text{ L/min. caudal de las 5 boquillas inferiores.}$$

Por tanto, para las condiciones de trabajo fijadas:

- P = 25 bares.
- v = 5 Km/h.
- Q = 28,54 L/min.

habría que colocar 6 boquillas que nos dieran 2,37 L/min, y 10 boquillas 1,42 L/min.

En cualquier caso, esta práctica no se suele llevar a cabo, apreciándose pérdidas por deriva en la parte alta de los árboles, o goteos al suelo, en ambos casos por exceso de caudal, o deficiencias en el grado de cobertura en dicha parte alta, en el caso opuesto (caudales bajos en las boquillas superiores).

4. REVISIONES Y REGULACIONES DE LA MAQUINARIA

Velocidad, presión de trabajo y caudal de las boquillas regulan el gasto de caldo. Partiendo de un TRV para un cultivo dado, podremos ajustar los tres parámetros hasta conseguir la dosis en litros por hectárea, en función del volumen vegetativo. La calibración y regulación del instrumental que regula dichos parámetros es fundamental para fijar la dosis en los niveles deseados.

Las inspecciones oficiales de la maquinaria de tratamiento, junto con un mantenimiento periódico y un cálculo correcto de la dosis según los apartados anteriores, son la garantía de éxito de la aplicación sobre los árboles frutales.

5. RECUERDE

- Utilice siempre el equipo de protección individual (EPI) durante las fases de preparación, aplicación y limpieza.
- Respetar las indicaciones técnicas y de seguridad que aparecen en la etiqueta del producto fitosanitario.
- No tratar cuando las condiciones climáticas lo desaconsejen:
 - Velocidad del viento superior a 2 m/s (7,2 Km/h).
 - Temperatura superior a 25 °C.
 - Humedad relativa superior al 50%.
- El TRV sólo se aplica en tratamientos al árbol con masa foliar desarrollada. No es válido para tratamientos de invierno o tratamientos específicos a tronco o tipo cebo.
- El tamaño de gota es fundamental para la efectividad del producto, pero muy susceptible de las condiciones climáticas; la deriva y la evaporación pueden comprometer gravemente la eficacia del tratamiento y el medioambiente en general.
- La aplicación de fitosanitarios es afectada por muchas variables: ambientales, físicas y biológicas. El cálculo del TRV no las considera todas. Aun así, es una buena guía para agricultores y técnicos a la hora de determinar la cantidad de materia activa a aplicar por hectárea.
- Después del tratamiento, recuerde siempre:
 - Limpiar exteriormente el equipo de tratamiento. Utilice para ello una zona delimitada, a salvo de percolaciones y escorrentías (imagen 21).
 - Los equipos con dispositivo de limpieza de circuito deben activarse a pie de campo, realizando pases en las condiciones de trabajo hasta tener agua limpia en todo el circuito.
 - Desmontar boquillas y limpiar filtros.
 - Realizar el tercer enjuague a los envases vacíos de fitosanitarios y almacenarlos como residuo peligroso.
 - Limpiar el equipo de protección individual si es multiuso o desecharlo si es de un solo uso en contenedor para materiales contaminados con productos peligrosos.



Imagen 20. Atomización con EPI.



Imagen 21. Unidad de limpieza de atomizador.



6. FÓRMULAS DE INTERÉS

Vegetación por fila:

$$H \text{ (m)} \times E \text{ (m)} \times L \text{ (m)} = m^3.$$

Vegetación por parcela:

$$(H \text{ (m)} \times E \text{ (m)} \times L \text{ (m)}) \times n^{\circ} \text{ de filas} = m^3.$$

TRV

$$\frac{H \text{ (m)} \times E \text{ (m)} \times 10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{A \text{ (m)}} = m^3/\text{ha.}$$

Dosis en función del TRV:

$$D \text{ (L/ha)} = \text{TRV (m}^3/\text{ha)} \times V \text{ (L/m}^3\text{)} \times i$$

Relación entre presión y caudal:

$$q = P^{1/2} \times K.$$

$$(Q_{\text{nuevo}} / Q_{\text{conocido}})^2 \times P_{\text{conocida}} = P_{\text{nueva}}$$

Relación entre dosis, caudal y velocidad:

$$V \text{ (L/ha)} = \frac{Q \text{ (L/min)} \times 600}{a \text{ (m)} \times v \text{ (Km/h)}}$$

Velocidad avance y caudal del ventilador:

$$v \text{ (Km/h)} = \frac{q_v \text{ (m}^3/\text{h)} \times f}{1000 \times d \text{ (m)} \times h \text{ (m)}}$$

$$1 \text{ atm.} = 1,013 \text{ bar.}$$

