

Salud Pública

Bayer 

1998 **14**



Tema principal:
Dengue

Edición especial

El uso de
nebulizadores
en el control
integrado de
vectores:
nebulizadores
térmicos y en
frío (ULV)



El uso de nebulizadores en el control integrado de vectores: nebulizadores térmicos y en frío (ULV)

Principios, métodos y técnicas

Los elementos más importantes del control eficaz e integrado de vectores son:

- investigación, estudios de campo, educación;
- control químico de vectores:
 - larvas;
 - mosquitos, por tratamiento sobre grandes extensiones y residual;
 - protección personal con mosquiteros impregnados;
- gestión medioambiental e higiene.

Este trabajo trata del control químico de mosquitos por el método de ultrabajo volumen (ULV) con nebulizadores térmicos y en frío.

Métodos de aspersión, cantidad aplicada, tamaño de las gotitas

Se define el ultrabajo volumen (ULV) como la cantidad mínima de líquido por unidad de área (formulación química o ingrediente activo más sustancias portadoras) necesaria para lograr un control económico y eficiente de vectores.

El volumen de líquido asperjado depende directamente del tamaño de las gotitas que resulta por diversos métodos de aspersión. El cuadro 1 indica la relación entre el volumen (en litros por hectárea) y el espectro de las gotitas.

El cuadro 2 muestra la causa de la gran diferencia que existe entre las cantidades aplicadas en los diferentes métodos. La columna 2 nos indica la cantidad hipotética necesaria por hectárea para un determinado tamaño de las gotitas (columna 1) para cubrir cada milímetro cuadrado de una hectárea al menos con una gota. En la columna 3 aparece la cantidad de gotitas por centímetro cuadrado al distribuir uniformemente 1 litro por hectárea.

El cuadro 2 muestra claramente que, asperjando gotitas muy finas, puede reducirse considerablemente la cantidad de líquido necesaria sin que empeore la cobertura. En efecto, la distribución de las gotitas pequeñas es mucho más uniforme y densa. Cada gotita contiene porcentualmente la misma cantidad de ingrediente activo, ya que el cambio de volumen sólo afecta a las sustancias portadoras, no a la cantidad de ingrediente activo de la formulación. Los estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) tam-

bién han demostrado que las gotitas de tamaño 10-20 μm son más efectivas para combatir insectos voladores, por ser mayor la probabilidad de que un mosquito entre en contacto con gotitas de dicho tamaño, si vuela por una nube de producto químico.

Comparación entre nebulizadores térmicos y nebulizadores en frío ULV

Ambos dispositivos pueden ser efectivos para el control de mosquitos y cumplen con el criterio ULV: dosis aplicable de hasta 5 litros/hectárea con un rango correspondiente de gotitas de hasta 50 μm . Se diferencian por la forma de producción de las gotitas. La nebulización en frío se produce mediante un proceso neumático, utilizando un sistema de chorro o de rotación (disco giratorio), mientras que la nebulización térmica involucra un proceso termoneumático, en el que el producto químico se inyecta en la corriente de gas residual caliente que sale del aparato.

No obstante, existe una importante diferencia de potencia entre ambos sistemas. La capacidad de la cámara de combustión de los nebulizadores térmicos portátiles oscila entre 13 y 19 kW (aproximadamente 17 a 25 HP),

Por
Bernd L. Dietrich

Método de aspersión (límites no definidos precisamente)	Cantidad de aplicación en litros/ hectárea	Tamaño de las gotitas ($\mu\text{m } \emptyset$)		Tipos de maquinaria
		Espectro	-vmd*	
Alto Volumen (HV)	>600	>400	450->750	Atomizador de campo, atomizador de disper- sión gruesa
Medio Volumen (MV)	200-600	200-400	250-350	Atomizador de mochila operado por palanca y atomizadores por compresión
Bajo Volumen (LV)	50-200	50-200	75-150	Vaporizador (con motor)
Muy Bajo Volumen (VLV)	5-50	0-100	25-50	Vaporizador con dispo- sitivo ULV
Ultrabajo Volumen (ULV)	<5	0-50	15-20	Nebulizadores y aerosoles

* vmd= diámetro del volumen medio. La mitad del volumen nebulizado consiste en gotitas más pequeñas que el vmd. La otra mitad está formada por gotitas de mayor tamaño.

Cuadro 1

Cuadro 2

Diámetro de las gotitas (μm)	Cantidad de líquido requerida (litros/hectárea) para una densidad de 1 gota por mm^2 , aplicada uniformemente a una superficie plana.	Cantidad de gotitas por cm^2 asperjan- do 1 litro unifor- memente sobre 1 hectárea.
10	0,005	19.099
20	0,042	2.387
30	0,141	708
40	0,335	299
50	0,655	153
70	1,797	56
90	3,818	26
100	5,238	19
200	41,905	2,4
500	654,687	0,15

mientras que la de los nebulizadores en frío portátiles es inferior a 1,5 kW (aproximadamente 2 HP).

En los dispositivos acoplados a vehículos, la potencia varía entre 35 y 45 kW (aproximadamente 47 a 61 HP) en el caso de los nebulizadores térmicos, y entre 6 y 13 kW (aproximadamente 8 a 18 HP) en el de los nebulizadores en frío. La potencia del dispositivo determina en gran medida su caudal (litros/hora) y su aptitud para preparar el fluido y lograr un buen rango de gotitas de ULV (es decir, $< 50 \mu\text{m}$). Por lo tanto, la producción de gotitas de hasta $< 50 \mu\text{m}$ asciende a cerca de 3 litros/hora tratándose de nebulizadores en frío portátiles; a alrededor de 30 litros/hora, en el caso de los nebulizadores térmicos portátiles; hasta 25 litros/hora, con los nebulizadores en frío acoplados a un vehículo; →

y hasta 75 litros/hora, con los nebulizadores térmicos acoplados a un vehículo.

En comparación con los nebulizadores en frío, los térmicos, al tener mayor capacidad que aquéllos, permiten teóricamente nebulizar un área dada más rápidamente o bien un área mayor en la misma cantidad de tiempo, usando la misma concentración de ingrediente activo. Sin embargo, en muchos casos no se puede cubrir mayor terreno, porque la velocidad de marcha del opera-

dor del dispositivo (la velocidad a que camine, en el caso de los dispositivos portátiles) o la del vehículo depende del rendimiento personal y del terreno. En tales casos, existe el riesgo de aplicar más líquido del necesario si el volumen total de ingrediente activo se administra a un área menor de la prevista. Este problema puede resolverse mediante la adición de un agente portador, como diesel, queroseno o aceite mineral o vegetal cuya viscosidad sea similar. Claro que eso reduce la concentración del ingre-

diente activo permitiendo reducir la velocidad de marcha o del vehículo. Este mismo método puede aplicarse a los nebulizadores en frío, cuando la concentración del producto químico sea particularmente elevada.

En general, para el control de vectores, la cantidad total a aplicar de producto químico y agentes portadores oscila entre 4 y 6 litros/hectárea, en el caso de los nebulizadores térmicos, y entre 0,5 y 2 litros/hectárea, en el de los nebulizadores en frío, no obs-

Cuadro 3

Nebulizadores térmicos	Nebulizadores en frío
V e n t a j a s	
<ul style="list-style-type: none"> menos tiempo de aplicación debido al mayor caudal (litros/hora) niebla densa y visible, por lo tanto, se observa perfectamente su distribución y el desplazamiento de la niebla menor concentración del ingrediente activo efecto psicológico en la gente (algo sucede) la gente puede evitar el contacto directo con la nube de niebla 	<ul style="list-style-type: none"> ningún peligro para el tránsito porque la nube es casi invisible poca o ninguna cantidad de sustancias portadoras por lo tanto, se reduce la cantidad de líquido necesario (litros/hectárea) (pero no se reduce el ingrediente activo) poco o ningún olor proveniente de las sustancias portadoras menos ruido
D e s v e n t a j a s	
<ul style="list-style-type: none"> costo de las sustancias portadoras fuerte olor de las sustancias portadoras aceitosas posibles peligros para el tránsito debido a la densa niebla mucho ruido de las máquinas su uso requiere algo de experiencia 	<ul style="list-style-type: none"> se requiere más tiempo de aplicación la niebla apenas se ve, por lo tanto, es difícil observar la distribución y el desplazamiento de la niebla no es fácil evitar la nube menor efecto psicológico (no se ve nada) mayor concentración del ingrediente activo

tante utilizando en ambos casos una dosis idéntica de ingrediente activo. La utilización de una mayor cantidad de líquido con nebulizadores térmicos puede constituir una ventaja al combatir insectos voladores (mosquitos), ya que la nube resultante es más compacta y densa; es decir, que se producen tres veces más gotitas de aerosol y con ello aumenta la probabilidad de contacto con los insectos. Aunque las gotitas tengan menor concentración de ingrediente activo, esto no incide prácticamente en la efectividad de la erradicación.

Ambos dispositivos se utilizan principalmente para el control de vectores en el tratamiento superficial y espacial. La distribución de la nube generada se inicia por la fuerza del dispositivo y luego continúa debido a la energía cinética de la nube y del movimiento del aire. Se produce así una nube relativamente ancha, lo que da lugar a un tratamiento rápido y extenso, lográndose un efecto de choque inmediato en todos los insectos que entran en contacto con la nube, aun cuando el efecto residual del insecticida sea extremadamente bajo. Por esta razón, en los tratamientos superficiales y espaciales, se prefieren ingredientes activos que actúen por contacto e inhalación, menos que los sistémicos. Con ambos dispositivos también es factible ensanchar el espectro de las gotitas (VLV/LV), aumentando el caudal (litros/hora), lo que posibilita realizar aspersiones de

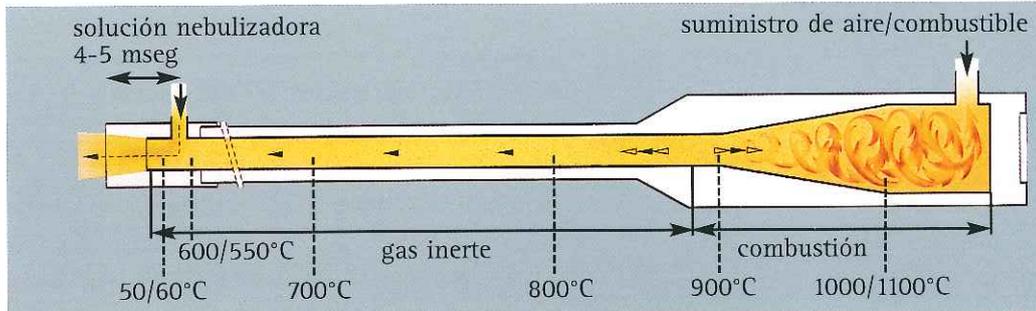


Gráfico 1

Nebulizador térmico portátil.

(Fotografía MOTAN Swingtec GmbH)



efecto residual a base de ingredientes activos apropiados.

En el cuadro 3 se resumen las ventajas y desventajas de los nebulizadores térmicos y en frío.

Particularidades de los nebulizadores térmicos concerniendo la temperatura de los aparatos

A menudo se dice que, en la nebulización térmica, la temperatura del flujo de gas caliente o la llama abierta destruye una parte del ingrediente activo. Esto no ocurre si se utilizan dispositivos de alta calidad que estén ajustados como es debido. El gráfico 1 muestra un croquis de la sección transversal de un nebulizador térmico, donde se ven sus etapas de combustión y los rangos de temperatura.

En un dispositivo de alta calidad ajustado correctamente, el combustible se debe quemar en la cámara de combustión y en la sección posterior del tubo resonador, lográndose cerca del 100% de combustión. Así lo único que queda en el tubo resonador es el gas residual caliente, que contiene un excelente valor de gas residual de 0,03% CO y 13 a 14% CO₂. La temperatura de dicho gas residual baja a unos 600/550° C mientras llega a la zona del resonador, justo frente a la abertura para donde se inyecta el producto químico. Éste entra en contacto con la corriente de gas caliente, y la presión y la temperatura (efecto termoneumático) lo convierten en millones de gotitas de aerosol. La alta temperatura del gas es absorbida por las gotitas, enfriándolo así hasta los 50 ó 60° C como máximo. Realmente el fenómeno es muy sencillo: las gotitas em-

piezan a evaporarse, y por el fenómeno del calor latente se reduce considerablemente la temperatura del gas. Debido a la evaporación inicial, cada gotita es rodeada por una capa de gas que aísla el fluido y evita que continúe la evaporación. Si bien no se puede medir, se supone que la temperatura interna de la gotita es inferior a los 50 ó 60° C que se midieron en la abertura de inyección. Desde la inyección del producto químico hasta que se forma la niebla transcurren sólo 4 a 5 milisegundos, lapso no suficiente para que el ingrediente activo sea desintegrado o degradado térmicamente. En cuanto la niebla abandona el dispositivo, se adapta a la temperatura ambiente. No obstante, si el dispositivo está mal ajustado y la llama llega a la abertura de inyección o incluso sale del dispositivo, no se puede descartar la disminución de la efectividad del ingrediente activo debido a su degradación térmica. A este respecto, es interesante observar que en la cría de animales se usan con éxito nebulizadores térmicos para administrar vacunas de inhalación muy sensibles a la temperatura.

En todo caso, los nebulizadores térmicos que transforman productos inflamables deberían estar dotados de un mecanismo de bloqueo automático del líquido. Si el dispositivo se utiliza incorrectamente o cesa de funcionar por falta de combustible, dicho mecanismo evitará que la presión existente en el tanque

que impulsa el fluido siga inyectando líquido, el cual podría retroceder hasta la extremadamente caliente cámara de combustión e inflamarse (¡peligro de incendio!).

Aplicación

Tal como se describió anteriormente, los nebulizadores térmicos y en frío producen gotitas de calidad similar. Las gotitas sólo varían un poco en peso, diámetro, volumen y amplitud del espectro. De lo anterior podemos deducir que las propiedades físicas también son idénticas por lo que respecta a las características de derivación, suspensión y duración. Por consiguiente, la siguiente información sobre la aplicación sirve para ambos métodos.

En la literatura científica se han publicado estudios minuciosos que describen la conducta de las gotitas de aerosol con relación a su período de vida, suspensión, velocidad de precipitación, efectos de los agentes climáticos, etc. Aun cuando estos hallazgos son importantes, resulta difícil, por no decir imposible, tenerlos en cuenta y aplicarlos durante la aspersión en el campo, ya que los factores que intervienen a menudo no se pueden definir o sufren numerosos cambios durante la aplicación. La información siguiente (1-5) está encaminada a contribuir a la aplicación exitosa del método ULV.

Duración de vida de las gotitas

Las gotitas de 20 µm de diámetro se evaporan por completo en 2,3 segundos a 20° C de tempe-



Aplicación de nebulizaciones térmicas.

ratura y bajo una humedad relativa del aire del 80%; y en apenas 0,7 segundos a 30° C de temperatura y con 50% de humedad relativa del aire. Si las gotitas de un líquido asperjable ULV se comportaran en forma similar, el tratamiento sería completamente ineficaz. Por eso es importante mantener activas las gotitas de aerosol todo el tiempo que sea posible, de modo que obtenga su efectividad. La mayoría de los productos del tipo ULV tienen aceite como base o contienen

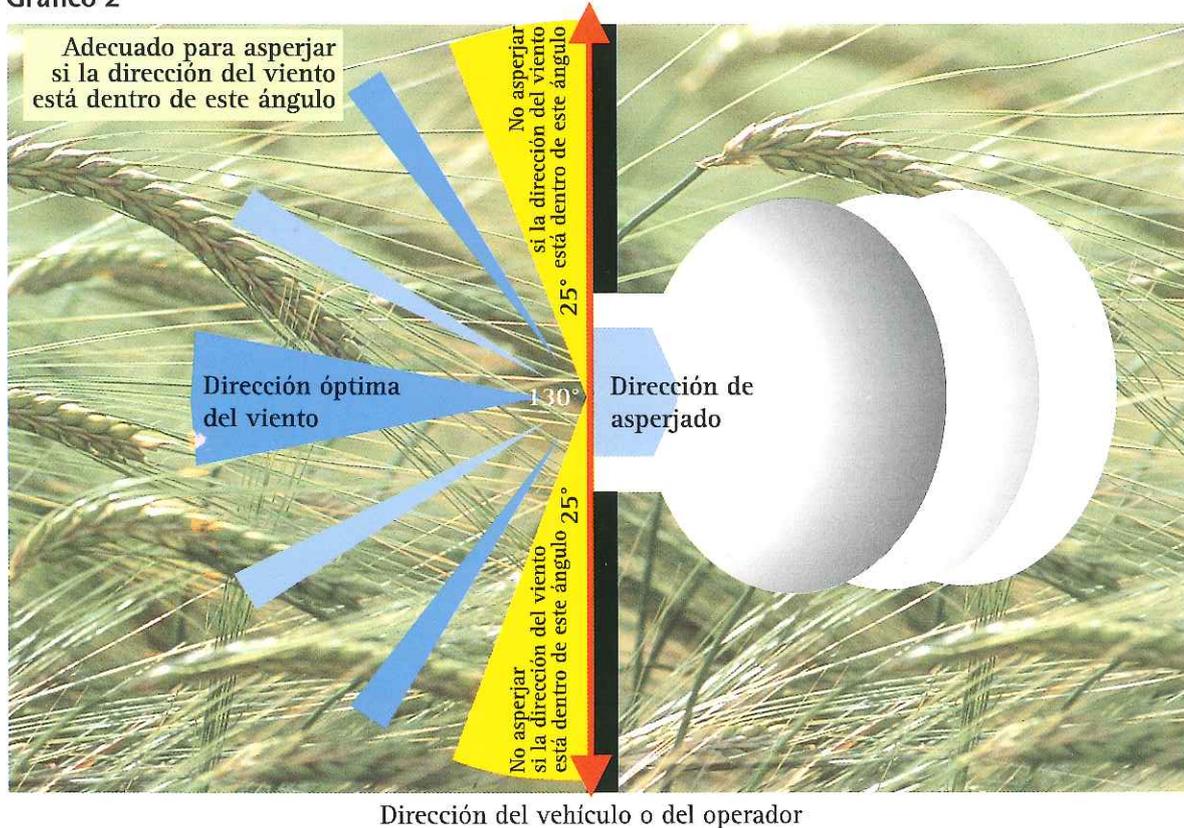
aditivos que retrasan en gran medida la evaporación. Las sustancias portadoras oleosas incrementan dicho efecto aún más,

so agua). Los incluidos ingredientes pueden ser glicoles o aceites minerales emulgadores y deberían constituir del 5% al 10% de la sustancia portadora.

Fuerza del viento, ancho de la nube y dirección del viento

A fin de aprovechar al máximo las corrientes de aire para distribuir la niebla, tiene la velocidad

Gráfico 2 Dirección del vehículo o del operador



evitando así la evaporación incluso de las gotitas más diminutas durante más tiempo.

Por razones ambientales, en los últimos años se han lanzado al mercado productos ULV a base de agua. Tales formulaciones también contienen sustancias que impiden la evaporación rápida. Si se usan productos a base de agua, que no contengan aditivos para prevenir la evaporación, será imprescindible agregar algún ingrediente de esa índole a la sustancia portadora (en este ca-

Al aplicar productos ULV a base de agua con nebulizadores térmicos, es importante saber que el espectro de gotitas es mucho mayor, pues se producen incluso gotitas mayores de 100 μm que caen directamente al suelo, delante del dispositivo y que, por consiguiente, son ineficaces para la aplicación. Existen en el mercado tubos nebulizadores especiales de alto rendimiento que, usando productos acuosos, pueden generar un espectro de gotitas casi igual al de una "neblina de aceite".

del viento una importancia particular.

El cuadro 4 indica diversas fuerzas del viento y sus correspondientes velocidades según la escala Beaufort. La observación de señales visibles en el área contribuye a evaluar correctamente las condiciones del viento. Dicho cuadro también indica el ancho efectivo de la nube, en función de la velocidad del viento. El ancho de la nube es particularmente crucial para calcular

y ajustar el caudal (litros/hora) del dispositivo y la velocidad de marcha del operario o del vehículo.

La falta de viento o vientos a baja velocidad producen nubes estrechas de hasta 50 metros de ancho. Con vientos de fuerza 2 ó 3 (hasta 20 km/h), se pueden producir nubes de hasta 150 metros de ancho o más. Así se satura mejor la vegetación y se logra mayor incidencia de las partículas. Esto es especialmente deseable en relación con el efecto por contacto sobre las plagas voladoras, en el control de vectores adultos.

El ancho efectivo de las nubes indicado en el cuadro 4 se refiere a aplicaciones en áreas despejadas. Ahora bien, la altura y la densidad de la vegetación, los edificios y otros obstáculos dificultan la nube y su dispersión. Cuanto más alta y densa sea la vegetación y cuanto más obstáculos existan, tanto menor será el ancho efectivo de la nube. En tales casos, como regla general, se puede estimar en un 50% la reducción del ancho de la nube.

Otro factor importante es la dirección del viento, ya que los productos químicos concentrados no se deben aplicar en dirección

contraria a la del viento, para no exponer innecesariamente a los operadores a la niebla. El croquis de la derecha muestra dónde se puede aplicar la aspersión en función de la dirección del viento.

Procedimiento de tratamiento

El gráfico 3 indica un ejemplo típico para el control de vectores en un tratamiento de superficie y de área con el método ULV.

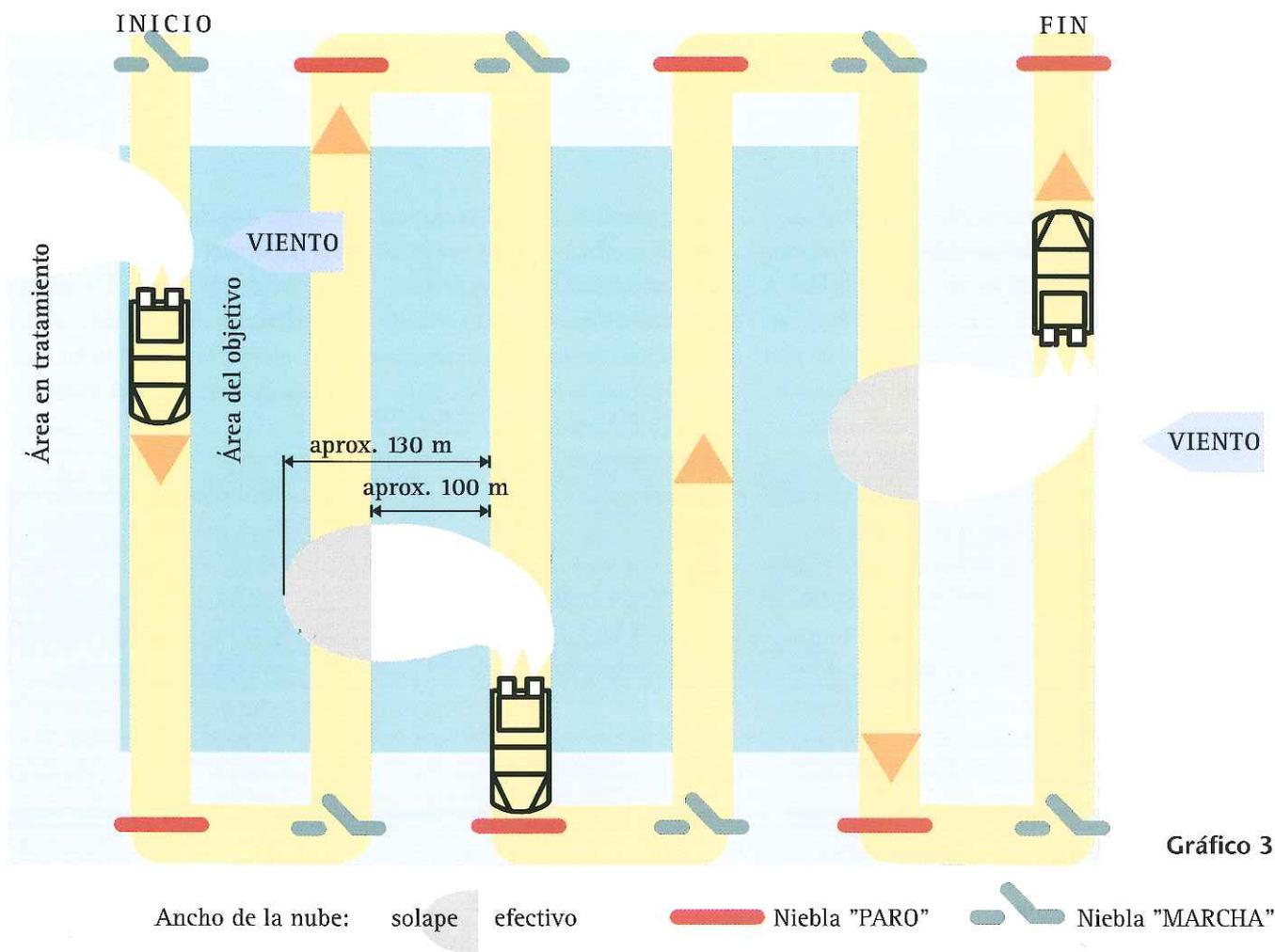
En este ejemplo se supone que la fuerza del viento es de 3 (velocidad entre 12,2 y 19,4 km/h). Esto producirá una nube de cerca de 130 metros de ancho total, con

Cuadro 4

Fuerza del viento	Descripción	Observaciones	Velocidad del viento		Ancho de nube efectivo/en m*		
			m/s	km/h	ULV	ULV-Plus	LV
Fuerza 0	calmo	el humo se eleva verticalmente	0,0 - 0,2	0,0 - 0,7	25 - 50	20 - 40	15 - 30
Fuerza 1	leve ráfaga	corriente de humo observable	0,3 - 1,5	1,1 - 5,4	35 - 70	25 - 50	20 - 40
Fuerza 2	leve brisa	ruido de hojas	1,6 - 3,3	5,8 - 11,9	50 - 100	35 - 70	25 - 50
Fuerza 3	suave brisa	movimiento constante de hojas y ramas	3,4 - 5,4	12,2 - 19,4	75 - 150	50 - 100	30 - 60
Fuerza 4	brisa moderada	movimiento de ramas pequeñas, remolinos de polvo y hojas de papel	5,5 - 7,9	19,8 - 28,4	Es posible la aplicación con ciertas restricciones**		

* Ancho de nube efectivo= Ancho de nube total / solape (aprox. 30%)

** Con vientos de fuerza 4, las aplicaciones sólo son recomendables en ciertas condiciones, ya que las nubes se desplazan rápidamente, perdiendo por ello efectividad. Sin embargo, si se realiza el tratamiento en condiciones inferiores a las ideales, conviene aplicar mayor caudal total (más substancias portadoras con la misma cantidad de ingrediente activo), y reducir la velocidad del operario o del vehículo para contrarrestar el mayor ancho de nubes y la menor concentración de ingrediente activo.



lo que su ancho efectivo será del alrededor de 100 metros y habrá un solape de 30 metros que garantizará la cobertura completa y uniforme del área tratada.

También es conveniente ampliar el área real de tratamiento más allá de los límites del área a proteger, para evitar durante el mayor tiempo posible un nuevo ataque de vectores provenientes de áreas no tratadas. En el caso de zonas residenciales, el área tratada debe ser mucho más amplia que el área a proteger.

Es indispensable interrumpir la nebulización siempre que el vehículo se detenga. Esto también es aplicable al trecho que se recorre para pasar de un área tratada a otra.

Cómo determinar el caudal del dispositivo y la velocidad de marcha del operador o del vehículo

Cómo calcular el caudal
El caudal del dispositivo en litros/hora se determina a base de los siguientes parámetros:

- velocidad del vehículo o velocidad de marcha del operador con dispositivos portátiles (km/hora = 1.000 metros/hora);
- ancho efectivo de la nube según el cuadro 4 (en metros);
- dosis de producto químico según las instrucciones del fabricante (litros/hectárea =

litros/10.000 m² incluyendo cualquier sustancia portadora);

Cómo determinar la velocidad de marcha del operador o del vehículo

La velocidad del vehículo puede calcularse de la siguiente manera:

- ancho efectivo de la nube según el cuadro 4 (en metros);
- dosis de producto químico por hectárea según las instrucciones del fabricante (en litros incluyendo cualquier sustancia portadora);
- área (en m²).
- caudal (en litros/hora).

El cálculo del caudal se hace utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{velocidad (metros/hora)}}{\text{ancho de la nube (metros)}} \times \text{cantidad (litros/hectárea)} = \text{caudal a que debe ajustarse el dispositivo (litros/hora)}$$

Ejemplo:

$$\frac{\text{velocidad del vehículo: 10 km/hora = 10.000 metros/hora}}{\text{ancho efectivo de la nube: 50 metros}} \times \text{dosis: 0,5 litros/hectárea (0,5 litros/10.000 m}^2\text{)}$$

$$\frac{10.000 \text{ m} \times 0,5 \text{ l}}{50 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2} = \frac{50 \times 0,5 \text{ l}}{h} = 25 \text{ litros/hora}$$

La velocidad se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{área (m}^2\text{)}}{\text{dosis por ha (l)}} \times \frac{\text{caudal (l/h)}}{\text{ancho de la nube (m)}} = \text{Velocidad del vehículo (metros/hora)}$$

Ejemplo:

$$\frac{\text{área: 10.000 m}^2}{\text{dosis por hectárea: 0,5 litros}} \times \frac{\text{caudal: 25 litros/hora}}{\text{ancho efectivo de la nube: 50 metros}}$$

$$\frac{10.000 \text{ m}^2 \times 25 \text{ l}}{0,5 \text{ l} \times 50 \text{ m} \times h} = \frac{250.000 \text{ m}}{25 h} = 10.000 \text{ m/h} = 10 \text{ km/h}$$

Momento de la aplicación

De ser posible, la aplicación con métodos ULV no debe hacerse al mediodía, cuando el sol es más fuerte; es preferible hacerlo temprano en la mañana o bien entrada la tarde. Con base en los criterios recién expuestos, la aplicación ULV ideal requiere evaluar cuidadosamente el ancho de la nube y calcular y ajustar correctamente el caudal del nebulizador. También es indispensable determinar y mantener con exactitud y de forma disci-

plinada la velocidad del vehículo o la de marcha del operador, a fin de que la aplicación resulte lo más uniforme posible. Esto puede resultar muy difícil en terreno accidentado o en un área muy transitada. Los nebulizadores en frío con tecnología punta resuelven este problema y permiten ajustar el caudal de producto químico en función de la velocidad de aplicación. Esto puede efectuarse midiendo la velocidad en el eje del vehículo o con un tacómetro o bien, en el

caso de los dispositivos más modernos, mediante radar donde el caudal es controlado y sincronizado con la velocidad del vehículo sin tener que hacer ajustes en el vehículo (el caudal se indicaría entonces en litros/km en lugar de en litros/hora). Con estos dispositivos también es posible programar la dosificación del producto, dejándola fija para evitar cualquier alteración por el operador.

Referencias



Bernd L. Dietrich, quien realizó estudios de administración de empresa y economía, es accionista ejecutivo de MOTAN Swingtec GmbH, con sede en Isny, Alemania.

- 1) Lofgren, C. S., Anthony, D. W. and Mount, G. A.: "Size of aerosol droplets impinging on mosquitos as determined with a scanning electron microscope," *J. Econ. Ent.*, 1973.
- 2) Matthews, G.A.: *Pesticide Application Methods*, Longman 1992.
- 3) Organización Mundial de la Salud (1971): "Application and dispersal of pesticides", *WHO Tech. Rep. Ser. No. 465*.

Bayer

