



## Tecnología de gota Ultra Bajo Volumen (ULV) para control espacial de mosquitos.

Equipos hechos en Colombia para el mercado mundial

Sergio Rey Villamizar, Ingeniero Mecánico  
Tropical Fog Limitada, Bucaramanga, Santander,



### Introducción

**D**urante mucho tiempo los equipos de aplicaciones Ultra Bajo Volumen (ó ULV por la sigla del Ingles *Ultra Low Volume*) eran fabricados en los Estados Unidos, Alemania e Inglaterra principalmente.

En Colombia ahora se encuentra establecida la compañía **Tropical Fog Limitada**, con profundo conocimiento de la tecnología ULV y con un alto potencial para el desarrollo de

nuevos productos acordes al mercado de los países en desarrollo localizados entre las bandas tropicales, quienes son los principales usuarios de estos equipos.

## Breve reseña histórica

Después de trabajar 10 años en Colombia diseñando, fabricando y vendiendo equipos para la industria básica, Sergio Rey, Ingeniero Mecánico colombiano, se traslada a los Estados Unidos, trabajando por más de nueve años como Ingeniero de Diseño en Curtiss Dyna-Fog Limited (Westfield, IN), el mayor fabricante en el mundo de equipos de aplicaciones Ultra Bajo Volumen (ULV).

A su regreso a Colombia participó en el concurso del programa DESTAPA FUTURO de la FUNDACION BAVARIA, presentando la idea de negocio de equipos de aplicación ULV. Entre miles de ideas de todo el país, fue elegida como una de las sesenta ganadoras nacionales.

Seis meses después, en la segunda fase del programa DESTAPA FUTURO, se presenta un plan de expansión el cual fue favorecido con un segundo premio, otorgado en agosto del 2007 en el Palacio de Nariño, con la presencia del Presidente Alvaro Uribe, el Sr. Karl Lippert Presidente de Bavaria, el Ministro Diego Palacio y otras personalidades.

La empresa inició actividades en Cúcuta y ahora se encuentra establecida en Bucaramanga.



Presidente Alvaro Uribe, saludando a Sergio Rey Gerente de Tropical Fog.

## Aplicación en salud pública

La principal aplicación de los equipos ULV es el control espacial de vectores portadores de enfermedades como el dengue y la encefalitis entre otras. Se llama vector a un mecanismo, generalmente un organismo, que transmite un agente infeccioso desde los individuos afectados a otros que aún no portan ese agente. Los mosquitos son vectores de diversos virus de enfermedades humanas, ya que son **insectos hematófagos**, como muestra la figura 1.

La invasiva picada del mosquito inunda el torrente sanguíneo humano con la indeseable saliva. La mayoría de las picadas de mosquito causan irritación en la piel y si el mosquito está infectado, el virus es inyectado en la sangre.

Cuando estalla un brote epidémico de una enfermedad transmitida por el mosquito como el dengue, se recurre a la lucha antivectorial con el empleo de insecticidas por nebulización de volúmenes mínimos del producto. Con esta acción se reduce el número de mosquitos adultos, frenando la propagación de la epidemia.

Para el control espacial del mosquito adulto se deben cumplir algunas condiciones en las gotas de la niebla para su efectividad, economía y mínimo impacto ambiental. Usualmente el insecticida se aplica concentrado para contener suficiente ingrediente activo en la pequeña gota y así poder efectuar el control deseado al contacto con el mosquito. Se recomienda el uso de formulaciones base aceite, o base agua con antievaporantes para llegar al objetivo antes que la gota se evapore en el ambiente.

El tamaño de gota debe ser adecuado para lograr cantidad de gotas, cubrimiento, tiempo de permanencia y alcance.

## Tamaño de gota

Una niebla de pequeñas gotitas está caracterizada por el *Diámetro de Volumen Medio* (VMD).

El VMD es el diámetro donde la mitad del volumen de la niebla son gotas más grandes y la mitad del volumen

## aplicación de insecticidas

son gotas más pequeñas. Cuando se habla del tamaño de gota de una niebla, se hace referencia al VMD.

Un buen nebulizador ULV produce las gotas en un rango pequeño, es decir en tamaño cercano unas a otras, llamado gotas de "espectro angosto".

Otro indicador menos utilizado es el Diámetro de Número Medio (NMD) y corresponde al diámetro donde la mitad del número de gotas de la niebla son gotas más grandes y la mitad del número son gotas más pequeñas.

El espectro es estimable con la relación VMD/NMD, y su calidad es mejor cuando la relación está cercana al número uno.

### Cantidad de gotas

Teniendo en cuenta la geometría esférica de las gotitas suspendidas, su volumen o cantidad de líquido portado es función del diámetro elevado al cubo, por lo cual para una misma cantidad de insecticida se obtienen ocho veces más gotas cuando el diámetro se reduce a la mitad, como se observa en la figura 3.

La variación de la cantidad de gotas respecto al diámetro de las gotas de la niebla se visualiza en la primera y la última columna de la tabla 1, que indica el diámetro de la gota y su respectiva cantidad en millones de gotas por mililitro.

Tabla 1.

VMD de en micras	VMD d en cm	$V = \pi d^3 / 6 \text{ cm}^3$ por gota	Millones de gotas por $\text{cm}^3$ (ml)
10	0,001	5,236E-10	1.1910
15	0,0015	1,76715E-09	566
20	0,002	4,1888E-09	239
25	0,0025	8,18125E-09	122
30	0,003	1,41372E-08	71
50	0,005	6,545E-08	15
75	0,0075	2,20894E-07	5
100	0,01	5,236E-07	2

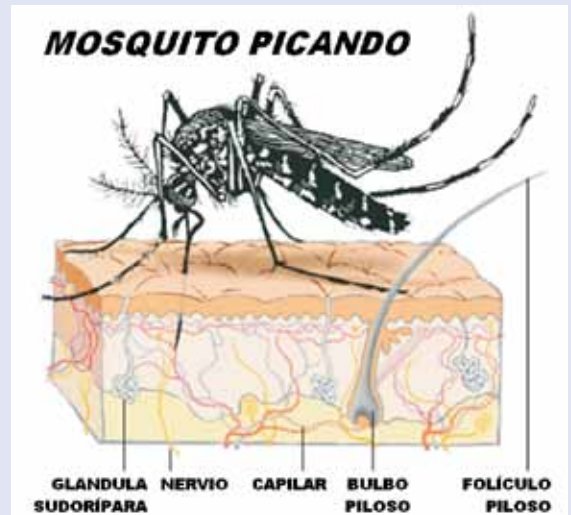


Figura 1.

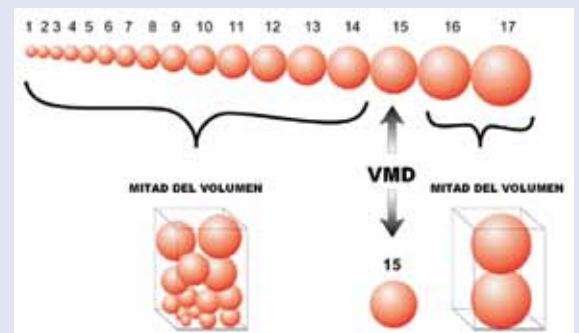


Figura 2.

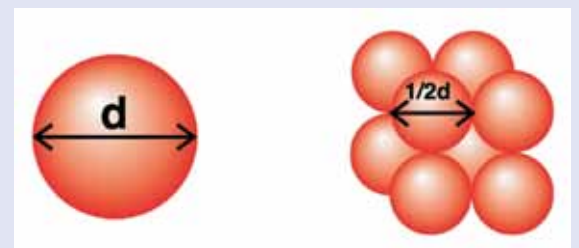


Figura 3.

### Cubrimiento

Para el control del mosquito se requiere una alta probabilidad de contacto de los mosquitos con las

gotas de niebla, lo que implica un alto cubrimiento espacial, reflejado en un alto cubrimiento superficial al decantar las gotas sobre las superficies.

La figura 4 es una guía del requerimiento de gotas pequeñas para insecticidas y lograr gran cubrimiento con alta probabilidad de contacto.

La figura 5 señala la relación entre la cantidad de gotas y el cubrimiento, para un mismo volumen de insecticida esparcido en cuatro diferentes formas debido a cuatro diferentes tamaños de gota.

## Tiempo de permanencia

Otra de las características de las gotas Ultra Bajo Volumen es su alto tiempo de permanencia de suspensión en el aire. La razón es por su caída lenta debido a la resistencia de la pequeña (pero significativa) fricción del aire en relación a su poca masa (peso).

Para ilustrar el tiempo de permanencia, se muestra en la figura 6 diferentes tamaños de gotas cayendo en aire estacionario desde una altura de tres metros.

El tiempo de permanencia aumenta en las gotas pequeñas, dependiendo de las corrientes de aire y de la convección natural por la mayor temperatura del piso.

## Alcance

En condiciones reales raramente se encontrará el aire estacionario, ya que usualmente están presentes pequeñas corrientes de aire. Las corrientes de aire o viento mueven las gotas de niebla a lugares más lejanos de la boquilla que emitió la niebla y la distancia que recorra o alcance va a estar determinado por el tamaño de la gota, la velocidad del viento y la altura a las cuales son emitidas.

Entre más grande sea la gota, el alcance o distancia recorrida será menor. Las gotas de mayor alcance son



Figura 4.

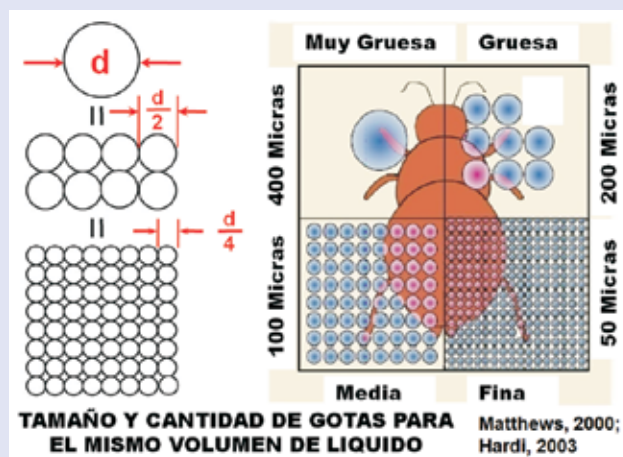


Figura 5.



Figura 6.

las más pequeñas ya que el viento se encarga de transportarlas y su velocidad de caída vertical es baja.

En la figura 7 se compara el alcance de cinco diferentes tamaños de gota cayendo de una altura de 3 metros, con un viento de 5 Km/h. Se puede apreciar

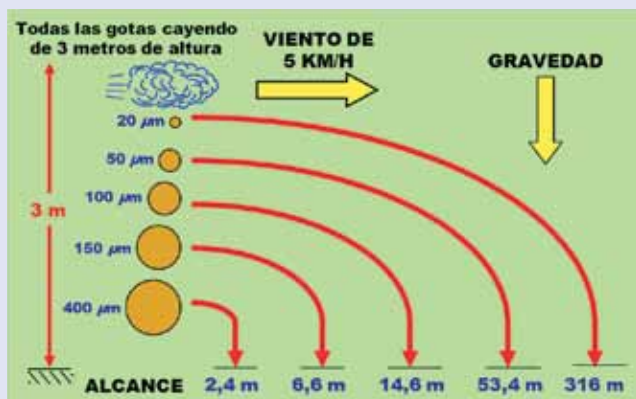


Figura 7.



Figura 8.

que mientras una gota de 100 micras no llega a un alcance de 15 metros, una gota de 20 micras supera los 300 metros de alcance.

En la aplicación con gotas ULV el equipo soplador da el impulso inicial a las gotas animadas para alejarlas del equipo y llegar a una altura apropiada y la madre naturaleza por medio del viento se encarga de llevar las gotas al objetivo.

En el país las aplicaciones de insecticida con equipo pesado montado en vehículo se efectúa con la bo-

quilla del equipo apuntando al lado derecho en un ángulo de 45° sobre la horizontal. La razón es para que la niebla logre una altura adecuada y las corrientes naturales de aire (viento) desplacen las gotas de la niebla ULV.

La figura 8 representa la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aplicaciones espaciales exteriores, donde el vehículo de fumigación se mueve perpendicular a la dirección del viento.

En algunos casos, debido a nuestra topografía de montañas, las corrientes de aire son cambiantes, y se ha recurrido a nebulización dirigida o a contrapases (recorrido de todas las caras de la manzana para evitar el dejar zonas sin tratamiento).

### ¿Cuál es el tamaño de gota ULV?

Siendo la OMS la entidad encargada de los lineamientos básicos que deben cumplir los fabricantes de equipos aspersores, se indican a continuación dos declaraciones de la OMS: una relativa al máximo tamaño de gota aceptable, y otra relativa al tamaño óptimo para pulverización en el aire.

La Organización Mundial de la Salud, en el libro WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.5 GUIA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS PARA EL CONTROL DE VECTORES, en el capítulo 5 relativo a las fumigadoras portátiles de niebla fría (de sostener en mano y motomochilas), indica:

*El Diámetro de Volumen Medio (VMD) de las gotas debe ser menor que 30 µm a la tasa de flujo especificada.*

De otro lado, en la página 18 del libro WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2003.5 Pulverización de insecticidas en el aire para la lucha contra los vectores y las plagas de la salud pública

Indica: *El tamaño óptimo de las gotitas para la pulverización en el aire contra los mosquitos es de 10-20 µm.*

En lo referente al tamaño de gota requerido, la regla de oro es seguir las instrucciones de la etiqueta del químico a ser nebulizado.

Es importante verificar periódicamente el tamaño de gota que su equipo genera en la niebla. La medición puede ser fácilmente efectuada con laminillas portaobjetos recubiertas con teflón, que capturan gotas de la niebla, para ser analizadas al microscopio con retícula en el ocular.

La figura 9 muestra una foto (sin escala) tomada en el microscopio con gotas de Malathion impregnadas en una laminilla recubierta con teflón, en magnificación de 400X. El servicio de análisis del tamaño de gota ó el suministro de los componentes para ese análisis son también realizados por Tropical Fog Ltda.

Para dar una idea del tamaño relativo de las gotas ULV, se ha incluido la figura 10. Se quiere destacar que una sola gota ULV no es visible al ojo humano, se puede apreciar la niebla formada por cientos de millones de gotas y que el tamaño de las gotas ULV se encuentra entre el tamaño de los glóbulos rojos y los glóbulos blancos.

Después de haber definido el tamaño de gota ULV y sus características de cantidades de gotas, tiempo de permanencia y cubrimiento, se explicará con ayuda de las matemáticas y geometría como logran contacto las gotas ULV con el mosquito aún en vuelo.

Citando como ejemplo una motomochila ULV con flujo de 40 ml/min de insecticida que nebuliza durante tres segundos una habitación de 3x3x2,8 metros, aplica 2 mililitros de químico en ese tiempo, fraccionado en mil millones de gotas ULV. La habitación tiene un volumen de 25 metros cúbicos. Haciendo la conversión y división se obtiene un promedio de 40 gotas ULV por centímetro cúbico de volumen de habitación. Los mosquitos son insectos relativamente pequeños, midiendo en promedio 6 milímetros en longitud y pesando alrededor de 2,5 miligramos.

La figura 11 refleja el evento de un mosquito inscrito en un centímetro cúbico con las cuarenta gotas ULV, que asegura una elevada probabilidad de contacto de las gotas con el mosquito.

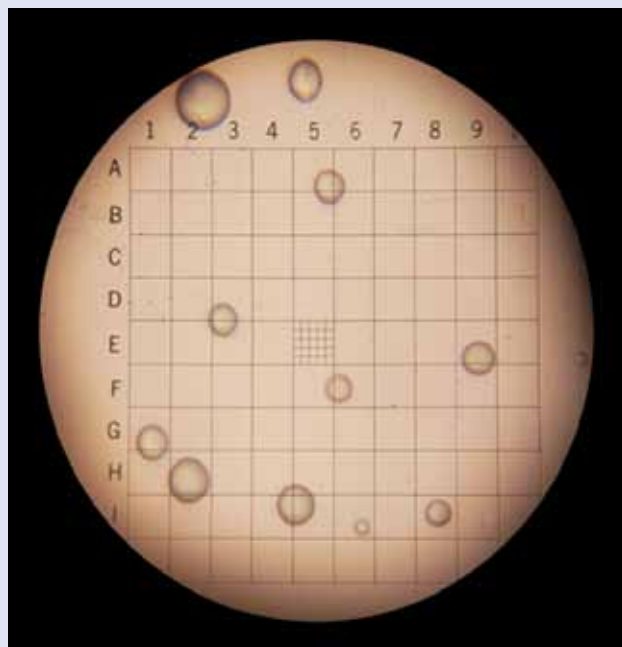


Figura 9.

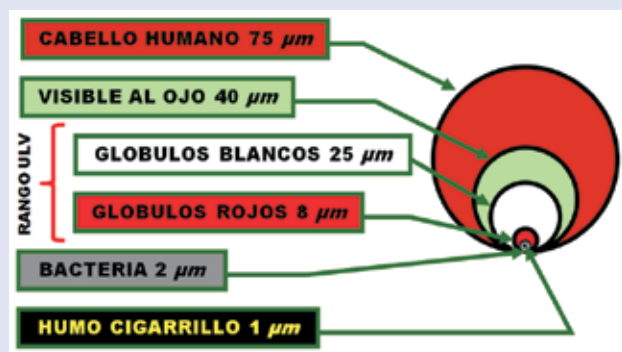


Figura 10.

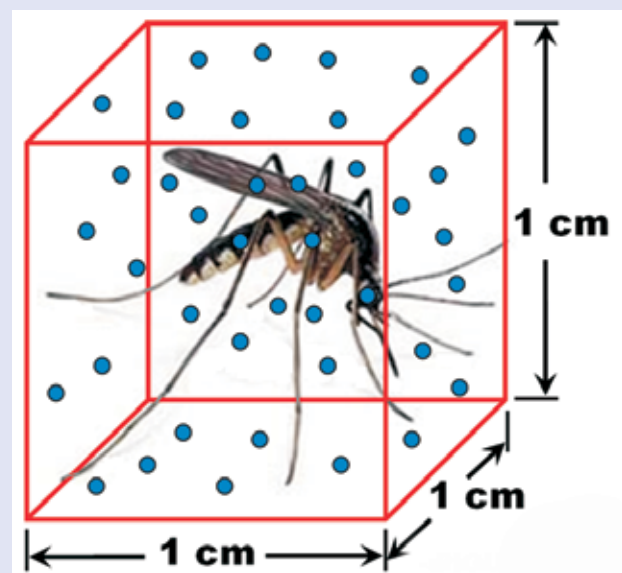


Figura 11.

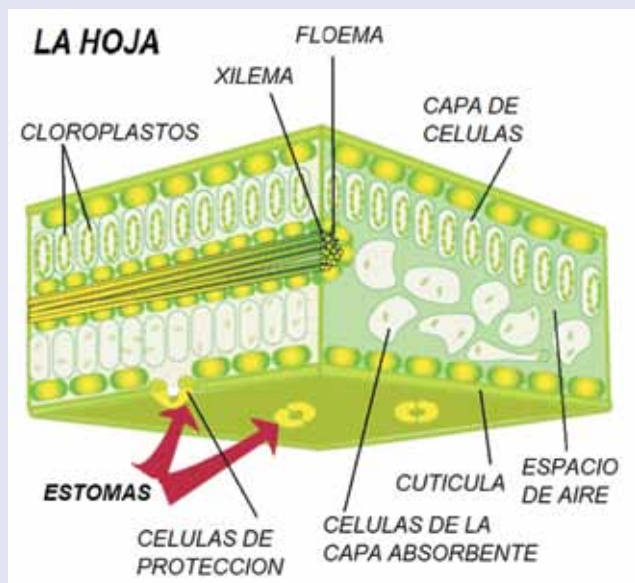


Figura 12.

### NEBULIZADOR ELECTRICO DE MANO TROPICAL STORM



Figura 13.

## Otras aplicaciones – agricultura

En las hojas de las plantas se encuentran los estomas que son su boca de respiración, como se observa en

la figura 12. Los estomas se encuentran localizados principalmente en el envés (lado de abajo) de las hojas, donde son fácilmente atacados por hongos.

La fuerza de gravedad tiene poca influencia sobre las gotas ULV por ser más pequeñas (menos masa), de manera que con pequeñas corrientes de aire natural y de la máquina misma, fácilmente se llega al envés (revés) de las hojas, donde se encuentran los estomas, partes vitales a proteger. Las gotas igualmente llegan al haz de las hojas.

Cuando se aplican fungicidas, las gotas ULV impulsadas por la máquina pueden alcanzar 12 m horizontales, a baja velocidad de la corriente de aire que no favorece la diseminación de esporas hacia las otras plantas.

Las gotas ULV para aplicación agrícola son altamente efectivas en condiciones de bajo viento, o en condiciones donde el arrastre por viento sea una ventaja. Las gotas ULV son ideales para aplicaciones en invernaderos.

## Equipos fabricados en Colombia

Actualmente Tropical Fog Ltda. fabrica varios modelos de equipos ULV, entre los cuales se tienen:

1) Nebulizador ULV eléctrico de mano modelo **TROPICAL STORM<sup>MR</sup>** mostrado en la figura 13. Su diseño especial evita el destructivo efecto giroscópico sobre los ventiladores rotativos. Cuerpo en acero inoxidable, motosoplador de 20.000 RPM, manija pivotada, boquilla Stream Memory<sup>MR</sup> tipo vórtice sin partes móviles, válvula de aguja para dosificación y tanque de dos litros.

Esta máquina es utilizada por controladores de plaga.

2) Nebulizador motorizado de mano modelo **TROPICAL BLAST<sup>MR</sup> 2H** mostrado en la figura 14.

Posee motor a gasolina de dos tiempos, acople directo entre el motor y soplador con embrague centrífugo, soplador rotativo libre de mantenimiento, boquilla Stream Memory<sup>MR</sup> tipo vórtice sin partes móviles, válvula de aguja para dosificación, tanque de dos

litros, bastidor de acero tubular, gomas antivibración entre conjunto motor-soplador y el bastidor, correa de hombro para sostener el equipo.

Este equipo compacto y liviano es una excelente opción de complemento para atender labores domiciliarias puntuales y que por accesibilidad no puedan ser cubiertas con el vehículo que porta el equipo pesado de aplicación ULV.

Este equipo puede adicionarse a los vehículos que portan las máquinas nebulizadoras pesadas para efectuar una cobertura completa en casos que el vehículo no llegue a algunos de los sitios objetivo.

3) Nebulizador motorizado de espalda (motomochila) modelo **TROPICAL BLAST<sup>MR</sup> 2B** como se muestra en la figura 15.

Incorpora motor a gasolina de dos tiempos, acople directo entre el motor y soplador con embrague centrífugo, soplador rotativo de desplazamiento positivo y libre de mantenimiento, boquilla Stream Memory<sup>MR</sup> tipo vórtice sin partes móviles, orificios o boquillas intercambiables para regulación de flujo, válvula de corte de niebla, tanque de diez litros, bastidor de acero tubular, gomas antivibración entre conjunto motor-soplador y el bastidor, correas de hombro extra anchas y con almohadillas para confort del operador, palanca de aceleración e interruptor de parada al alcance de la mano del operador, soporte de boquilla para posición de almacenamiento.

Este equipo es ideal para atenciones domiciliarias de control espacial del mosquito adulto.

Además de la versión mostrada en la foto de la figura 15, existe versión disponible con tanque de 3,5 litros que disminuye la altura de la máquina en 15 centímetros y otra disponible con motor Honda GX35 de cuatro tiempos.

4) Nebulizador motorizado para vehículo liviano modelo **TROPICAL WIND<sup>MR</sup> 1** como se muestra en la figura 16.

### NEBULIZADOR MOTORIZADO DE MANO TROPICAL BLAST 2H



Figura 14.

### NEBULIZADOR ULV MOTORIZADO DE ESPALDA TROPICAL BLAST 2B



Figura 15.

### NEBULIZADOR ULV PARA VEHICULO LIVIANO TROPICAL WIND 1



Figura 16.





## aplicación de insecticidas

Incorpora motor Honda GX50, soplador de desplazamiento positivo libre de mantenimiento, acople directo entre motor y soplador, boquilla Stream Memory<sup>MR</sup> tipo vórtice sin partes móviles y direccionable en el plano vertical y horizontal, rotámetro medidor de flujo con válvula incorporada, tanque de 10 litros y sistema de lavado.

Esta novedosa, compacta y liviana unidad se ajusta a los presupuestos de muchos municipios, ya que no solo se reduce el costo del equipo de aplicación ULV (comparado con una unidad pesada) sino que también se reduce el costo del vehículo de aplicación.

La unidad puede ser utilizada fácilmente para control espacial del mosquito adulto en pequeños municipios y también municipios grandes con calles estrechas y viviendas con pasajes peatonales.

Luce también como una unidad ideal para oficinas de atención de desastres, para controlar mosquitos en casos de inundaciones y similares.

## Equipos para tratamiento espacial del mosquito adulto y lineamientos de la OMS

De acuerdo con la clasificación dada por la OMS, los nebulizadores motorizados de mano TROPICAL BLAST<sup>MR</sup> 2H y los nebulizadores motorizados de espalda TROPICAL BLAST<sup>MR</sup> 2B cumplen como:

*Nebulizador portátil de niebla fría (generador de aerosol) que puede ser de cargar en la mano o mochila (de espalda), son usados para tratamiento espacial en interiores y en exteriores para tratar áreas inaccesibles a vehículos.*

*(WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.5, página 39)*



Figura 17.

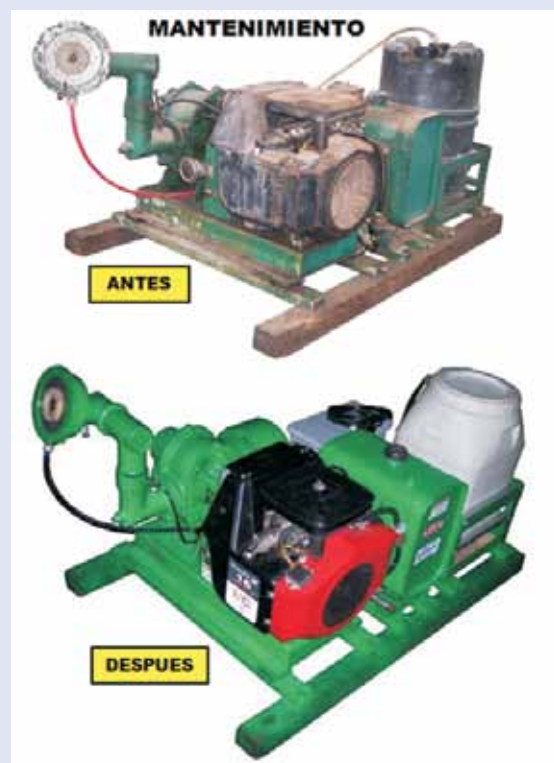


Figura 18.

En el mercado existe oferta de motomochilas rociadoras que no son sopladores de hojas (algunas personas lo pueden utilizar para este fin) pero realmente son máquinas diseñadas para uso agrícola utilizadas en salud pública, con tamaño de gota entre 50 y 100 micras, similares al mostrado en la figura 17. Estos equipos a pesar de contar con adaptadores ULV, no generan gotas ULV. Si se intenta hacer control espacial se presentan inconvenientes desperdicio, manchas en las viviendas. Además, debido al alto flujo de aire generan una columna de viento que provoca incomodidad por desplazamiento de utensilios, adornos y mobiliario en las viviendas.

Esta clase de equipos son clasificados por la OMS como:

*Motomochila de soplador rociador utilizada para proyectar el pulverizado hacia arriba en los aleros de las casas y en otras áreas que son menos accesibles a los aspersores hidráulicos y donde algún efecto residual de insecticida es requerido.*

*(WHO/CDS / NTD / WHOPES / GCDPP / 2006.5, página 34)*

## Mantenimiento

Se cuenta con el personal calificado y el equipo apropiado para efectuar desde las más sencillas hasta las más complejas labores de mantenimiento a todas las marcas y modelos de equipos de fumigación ULV y a equipos aspersores de acción residual. En la figura 18 se aprecia un equipo Leco con motor de 16 HP el cual no estaba operativo y presentaba diversos inconvenientes. Al equipo se le efectuó un mantenimiento general con modernizaciones de algunos sistemas y quedó operando correctamente.

## Investigación y desarrollo

Se está trabajando para tener disponible en nuestra línea de fabricación en el año 2010 una máquina nebulizadora ULV de boquilla rotativa de alta eficiencia. También está planeado fabricar para el año 2011 nebulizadores térmicos de motor Pulse-Jet. Como empresa innovadora, estamos atentos a escuchar nuevos requerimientos especiales de los usuarios para hacer evolucionar los equipos al requerimiento del mercado, respetando los lineamientos dados por la OMS.

### Contacto

Tropical Fog Ltda  
E-mail: [Sergio@tropicalfog.com](mailto:Sergio@tropicalfog.com)  
Móvil: 314 271 4175  
[www.tropicalfog.com](http://www.tropicalfog.com)