

Calibración de equipos de aspersión en el cultivo de palma de aceite



Área de Entomología-Dirección de Extensión

Luis Guillermo Montes-Bazurto
Juan Carlos Vélez Zape
Alex Enrique Bustillo Pardey

Calibración de equipos de aspersión en el cultivo de palma de aceite

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero administrado por Fedepalma.

Alexandre Patrick Cooman

Director General de Cenipalma

Hernán Mauricio Romero Angulo

Director de Investigación

Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Director de Extensión

Autores

Luis Guillermo Montes-Bazurto

Asistente de Investigación, Programa de Plagas y Enfermedades,
Área de Entomología

Juan Carlos Vélez Zape

Líder de Formación y Capacitación
Dirección de Extensión

Alex Enrique Bustillo Pardey

Investigador Emérito

Coordinación editorial

Yolanda Moreno Muñoz

Esteban Mantilla

Fotografía

**Luis Guillermo Montes Bazurto y
colección fotográfica Fedepalma**

Diseño y diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

Impresión

Estudio 45-8 S.A.S.

ISBN: 978-958-8360-78-2

Diciembre de 2020

Cenipalma

Calle 98 No. 70-91, piso 14.

PBX: (57-1) 313 8600

Bogotá, D.C., Colombia

www.cenipalma.org

Contenido

Introducción	5
Glosario	6
Unidades de medida	8
Unidad I	
Equipos de espalda	9
De accionamiento manual	11
Motorizado	12
Unidad II	
Equipos de aspersión estacionarios	17
Unidad III	
Equipos operados por la toma de fuerza del tractor	21
Nebulizadora electrostática con difusores Martignani y VMA	23
Nebulizadora electrostática con cañón	27
Pulverizadora agrícola Jacto Arbus 400 Golden	29

Unidad IV	
Equipos de aspersión aérea	35
Unidad V	
Recomendaciones	41
Dosificación	43
Verificación del cubrimiento	45

Introducción

Los equipos de aspersión son herramientas para aplicar agentes de control de insectos plaga, enfermedades y malezas, con el fin de proteger los cultivos. En las plantaciones de palma de aceite se pueden emplear diferentes equipos entre los que se encuentran: los de espalda, que generalmente se usan para labores en viveros, al igual que en aspersiones localizadas en pocas palmas; semiestacionarios para realizar aspersiones en los cultivos durante los primeros años de establecimiento o en aspersiones dirigidas a las flechas de palmas de cualquier edad; los operados por la toma de fuerza del tractor; utilizados en todas las etapas del cultivo; y finalmente los aéreos, cuya aspersión cubre grandes extensiones en cortos periodos de tiempo.

Su adecuada calibración permite aplicar la dosis precisa, evitando el uso de grandes cantidades de producto que causa impactos negativos al agroecosistema (sobredosificación), o bajas cantidades que, además de resultar ineficaz, afecta la sanidad del cultivo (subdosificación) e incrementa los costos asociados a los controles. La calibración es un procedimiento que se debe realizar con anterioridad al empleo de los equipos en el campo. Para el caso de la palma de aceite, los equipos de aspersión se deben usar de manera diferencial para cada cultivar (*Elaeis guineensis* o híbridos interespecíficos), en las diferentes etapas y edades del cultivo.

Para que los controles sanitarios en las plantaciones de palma de aceite sean exitosos, es necesario que las aspersiones se lleven a cabo con una adecuada cobertura, lo que se logra calibrando y operando correctamente los equipos.

Esta guía constituye una herramienta de campo dirigida a los técnicos de las plantaciones, que proporciona elementos prácticos para la calibración de los equipos empleados en la aspersión de productos para la protección de los cultivos de palma de aceite. Es el fruto de los procesos de documentación realizados por el Área de Entomología de Cenipalma, en su esfuerzo por contribuir a la consolidación de una palmicultura rentable y respetuosa con el entorno, en la que se minimice el impacto por la aplicación de productos de origen químico, biológico u orgánico a los agroecosistemas.

Glosario

- **Aforar:** actividad planeada para medir un caudal, como por ejemplo, el volumen de agua por cada unidad de tiempo.
- **Ancho de faja:** distancia entre los puntos de aspersión más extremos de un equipo aéreo. Se mide en metros (m) y varía de acuerdo con el tipo de boquillas, la separación entre estas en el aguilón del avión y la altura de vuelo.
- **Aspersión:** labor en la que se esparce un fluido en forma de pequeñas gotas sobre un área específica.
- **Boquilla:** elemento del equipo de aspersión por donde se descarga el producto, esta define el tamaño de la gota.
- **Balde aforado:** recipiente con el que se mide un volumen de referencia.
- **Balde graduado:** envase que permite la medición de volúmenes, al presentar una escala visual de referencia. Para el caso de los equipos de aspersión en cultivos de palma de aceite, las unidades más comunes son litros (l) y galones (gal).
- **Caudal:** cantidad de líquido que fluye por unidad de tiempo. Las unidades más empleadas en actividades de aspersión son: centímetros cúbicos por minuto (cc/min o cm^3/min), mililitros por minuto (ml/min) litros por minuto (l/min) o galones por minuto (gal/min).
- **Concentración:** cantidad de producto en un volumen o peso dado.
- **Cultivar:** variedad de una planta cultivada o cruzamientos comerciales cultivados. Para el caso de la palma de aceite, especie *Elaeis guineensis*, son: Deli x Avros, Deli x La Mé, Deli x Dumpy, Deli x Pobé, Djongo x Ekona, etc. Para el híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG), se pueden citar Coari x La Mé, Brasil x Djongo, Cereté x Deli, Manaos x Compacta, etc.
- **Dosis:** cantidad de ingrediente activo o producto formulado que se asperja por área o por individuo.

- **Envergadura alar:** distancia entre los dos extremos de las alas de un equipo de aspersión aérea.
- **Presión:** fuerza que se ejerce por unidad de área. Las unidades de presión más comunes en equipos de aspersión son: psi (por su sigla en inglés *pounds-force per square inch*) (lbf/pulg^2 , libra de fuerza por pulgada cuadrada), bar (bar), pascal (Pa) y kilogramo de fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2). La presión afecta el caudal y el número de gotas.
- **Probeta:** instrumento de forma cilíndrica, provisto de graduación y fabricado en vidrio o plástico traslúcido, que se utiliza para medir el volumen de líquidos.
- **Promedio:** valor característico de un conjunto de datos numéricos, que se obtiene al dividir la suma de todos los datos entre el número de estos.
- **RPM:** sigla de revoluciones por minuto. Es el número de veces que gira una pieza en un minuto. Este concepto se aplica a los elementos móviles de un mecanismo o máquina, como el de la toma de fuerza de un tractor.
- **Volumen:** magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en las tres dimensiones. También puede decirse que es la cantidad de un líquido que se expresa en alguna unidad de medida, por ejemplo: centímetro cúbico (cc), mililitro (ml), litro (l), galón (gal), etc.

Unidades de medida

De longitud

- ▶ Centímetro (cm)
- ▶ Metro (m), equivale a 100 cm
- ▶ Kilómetro (km), equivale a 1.000 m
- ▶ Milla (mi), equivale a 1.609 m

De área

- ▶ Metro cuadrado (m²)
- ▶ Hectárea (ha), equivale a 10.000 m²

De velocidad

- ▶ Metro por segundo (m/s)
- ▶ Kilómetro por hora (km/h)
- ▶ Milla por hora (mi/h)
- ▶ Nudo (kn)

De volumen

- ▶ Centímetro cúbico (cc o cm³)
- ▶ Litro (l), equivale a 1.000 cc o cm³
- ▶ Galón (gal), equivale a 3,785 litros

De tiempo:

- ▶ Segundo (s)
- ▶ Minuto (min), equivale a 60 s
- ▶ Hora (h), equivale a 60 min

De presión

- ▶ Bar (Bar)
- ▶ Libra por pulgada cuadrada o psi (lb/pulg²)



UNIDAD

I

Equipos de espalda



De accionamiento manual

Definición: son equipos accionados por la fuerza humana. Normalmente están provistos de un arnés o correa para instalarlos a la espalda del operador. El peso máximo (con carga) es de 26 kg. Son muy comunes en fincas de pequeños productores, pero también se emplean en aspersiones puntuales en grandes explotaciones agrícolas.

En el cultivo de la palma de aceite, se utilizan en labores de viveros y en aspersiones localizadas de racimos o platos. Están compuestos por un tanque (unidad de almacenamiento), bomba de presión hidráulica y palanca (unidad de inyección y presión), manguera, llave o válvula de paso (provista de un filtro interno), lanza o tubo de aspersión, regulador de presión de descarga y boquilla (unidad de salida o descarga) (Figura 1).



Figura 1. Equipo de aspersión manual de espalda, utilizado en plantaciones de palma de aceite.

Motorizado

Definición: son equipos accionados por un motor de combustión interna. Por lo general tienen un arnés para ajustarlos a la espalda del operador. El peso máximo con carga es de 26 kg. Se emplean comúnmente para labores de aspersión puntual en grandes explotaciones agrícolas. En el cultivo de la palma de aceite, se utilizan en viveros, en aspersiones foliares en palmas de hasta seis años de establecidas o en aspersiones a la corona de los racimos.

Estos equipos se componen de motor (unidad de potencia), ventilador (unidad de presión), tanque (unidad de almacenamiento), manguera para el flujo del aire (unidad de conducción neumática), manguera para el producto (unidad de suministro de mezcla), llave de paso de líquidos (unidad de control de aplicación), acelerador y botón de parada en la empuñadura (unidad de control de presión) y regulador de caudal (unidad de nebulización) (Figura 2).



Figura 2. Equipo motorizado de espalda, apto para aspersiones en plantaciones menores a seis años.

Para la calibración de los equipos de espalda se debe seguir la metodología **VADD** (verifique, afore, determine y dosifique).

1. **Verifique** que el filtro de la válvula de paso, el regulador de presión, la boquilla y el interior del tanque estén limpios. Igualmente, que el equipo no tenga escapes o fugas de ningún líquido.
2. **Afore** o determine la descarga del equipo, utilizando el regulador de presión y la boquilla seleccionada (Figura 3). El regulador de presión permite realizar una aspersión uniforme durante toda la labor, es decir que no varía.

Con la ayuda de una probeta o balde aforado, mida el volumen descargado (expresado en centímetros cúbicos) en un tiempo específico (referido en segundos). Repita esta medición cuatro veces y promedie los volúmenes conseguidos. La descarga se obtiene al relacionar el volumen promedio y el tiempo en el que se hizo la medición (Ecuación 1).



Figura 3. Afore de la descarga de un equipo de aspersión manual de espalda.

$$\text{Descarga del equipo (cc/s)} = \frac{\text{Volumen promedio (cc)}}{\text{Tiempo (s)}} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Ejemplo:

Si el promedio del volumen descargado en 10 s es 155 cc, entonces la descarga del equipo es:

$$\text{Descarga} = 155 \text{ cc} / 10 \text{ s} = 15,5 \text{ cc/s}$$

Para aforar los equipos motorizados de espalda, primero defina la posición del regulador de caudal con la que va a trabajar si esta usando equipos modelo Stihl. (Figura 2). Recuerde que la posición 1 es la de mínimo caudal y la 6, de máximo. Para los demás equipos motorizados de espalda defina la posición del acelerador en la que realizará la labor. Para ello fije la posición con una marca de referencia. Posteriormente, coloque un volumen de agua determinado en el equipo (por ejemplo, tres litros), y mida el tiempo que tarda en desocuparse a máxima aceleración en el caso de los equipos Stihl y en la posición del acelerador definida para los demás equipos. Repita esta medición cuatro veces y promedie los tiempos obtenidos. La descarga del equipo se obtiene al dividir el volumen conocido (cc) entre el promedio del tiempo que tarda en desocuparse (s) (Ecuación 2).

$$\text{Descarga del equipo (cc/s)} = \frac{\text{Volumen promedio (cc)}}{\text{Tiempo promedio en desocuparse (s)}} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Ejemplo para equipos motorizados modelo Stihl:

Si el volumen depositado en el equipo es de 3.000 cc y el promedio del tiempo para desocupar este volumen a máxima aceleración es de 69 s entonces:
Descarga del equipo = 3.000 cc / 69 s = 43,5 cc/s.

Ejemplo para otros equipos motorizados:

Si el volumen depositado en el equipo es de 3.000 cc y el promedio del tiempo para desocupar este volumen en la posición definida del acelerador es de 27 s entonces:

Descarga del equipo = 3.000 cc / 27 s = 111,1 cc/s

- 3. Determine** el tiempo que tarda en realizar la aspersion de la parte de la palma (hoja, racimo, flecha o plato) que quiere asperjar (objetivo). Tenga en cuenta el volumen de referencia con el que se obtiene un buen cubrimiento; por ejemplo: una palma que tiene en promedio nueve racimos requiere 1 litro (l/palma) para obtener una buena cobertura sobre todos los racimos. También tenga presente que la descarga del equipo se determinó durante el aforo, como se puede observar en la Ecuación 3 (Figura 4).

$$\text{Tiempo de aspersión} \left(\frac{\text{s}}{\text{objetivo}} \right) = \frac{\text{Volumen de aspersión} \left(\frac{\text{cc}}{\text{objetivo}} \right)}{\text{Descarga del equipo} \left(\frac{\text{cc}}{\text{s}} \right)} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Ejemplo:

Si para asperjar todos los racimos de una palma se necesitan 1.000 cc/palma y la descarga del equipo (determinada con la Ecuación 2) es de 43,5 cc/s, entonces:

Tiempo de aspersión = 1.000 cc/palma / 43,5 cc/s = 23,0 s/palma



Figura 4. Aspersión con equipo de espalda dirigida a hojas o a racimos en el cultivo de palma de aceite.

- 4. Dosifique** el producto que va a asperjar. Este paso consiste en definir la cantidad de producto que se debe emplear por cada volumen del tanque (mezcla). Para mayor detalle consulte al final de esta publicación la sección dosificación en la Unidad V de recomendaciones.



UNIDAD

||

Equipos de aspersión
estacionarios



Definición: son equipos mecánicos accionados por un motor de combustión interna, ensamblados sobre una estructura rígida metálica que facilita el desplazamiento del conjunto del equipo, de acuerdo con las necesidades del proceso. El sistema cuenta con una unidad de potencia separada de la de presión o bombeo. La de almacenamiento es independiente del conjunto del equipo, y dadas las características de potencia, se puede acoplar a tanques de gran capacidad. Su peso total oscila en 27 kg (sin almacenamiento o tanque).

Es utilizado para aspersiones foliares generalizadas o localizadas como a las coronas de racimos en palmas de aceite hasta de 1,6 metros de altura teniendo como referencia la corona de racimos que se encuentre más alta (Figura 5). También sirven para aspersiones a las flechas de las palmas de cualquier edad, empleando lanzas adaptadas a la altura de la planta. El equipo se puede mover dentro de las plantaciones en carretas de dos o cuatro llantas, haladas por tractores o semovientes.



Figura 5. Equipo estacionario utilizado en palmas de aceite. A. Partes de un equipo estacionario. B. Disposición de estacionaria en remolque de tractor.

Para su calibración se debe seguir la metodología **VADD** (verifique, afore, determine y dosifique).

1. **Verifique** que el filtro de las válvulas de paso, las boquillas y el interior del tanque de almacenamiento estén limpios, y que el equipo no tenga escapes o fugas de ningún líquido. Para verificar el equipo, préndalo halando de la cuerda o “yoyo” de encendido.
2. **Afore** o determine la descarga del equipo, utilizando las boquillas seleccionadas. El aforo se debe realizar para cada boquilla simultáneamente. Si solo afora una boquilla sin abrir las demás puede obtener un valor equivocado. En cada boquilla asegure una bolsa de 60 cm por 40 cm o similar a la usada para las trampas de *Opsiphanes cassina* y recoja el volumen descargado en un tiempo específico (referido en segundos). Con la ayuda de una probeta o balde aforado, mida el volumen descargado (expresado en centímetros cúbicos). Repita esta medición cuatro veces y promedie los volúmenes obtenidos. La descarga se obtiene al relacionar el volumen promedio y el tiempo en el que se hizo la medición (Ecuación 1).
3. **Determine** el tiempo necesario para realizar la aspersión de la parte de la palma (hoja, racimo, flecha o plato) que quiere asperjar (objetivo). Para ello, tenga en cuenta previamente el volumen de referencia con el que se obtienen un buen cubrimiento. Por ejemplo: el volumen para obtener una buena cobertura sobre todos los racimos de una palma que en promedio tiene nueve racimos es de 1 litro por palma (l/palma). Además, tenga presente que la descarga del equipo se determinó durante el aforo, como lo muestra la Ecuación 3.
4. **Dosifique** el producto que va a asperjar. Este paso consiste en definir la cantidad que se debe emplear por cada volumen del tanque (mezcla), tal como se describe en la Unidad de recomendaciones, sección dosificación.



UNIDAD



Equipos operados por la
toma de fuerza del tractor



Nebulizadora electrostática con difusores Martignani y VMA

Definición: son equipos accionados por la toma de fuerza del tractor y se encuentran acoplados a este. Su desempeño y calidad de aspersión son altas, por lo que se emplean en grandes plantaciones, aún para intervenir objetivos ubicados en niveles superiores. Es muy común en plantaciones forestales en las que se requiere que los productos alcancen grandes alturas.

En el cultivo de palma de aceite se usan para aspersiones foliares en todas las edades. Los difusores permiten una mejor cobertura en el follaje, debido a su configuración a manera de abanico. Otra ventaja es que la altura de los difusores se puede ajustar de acuerdo con la edad de la palma, utilizando extensiones en el caso de la nebulizadora Martignani (Figura 6).

Para su calibración se debe seguir la estrategia **VEAD** (verifique, establezca, afore y dosifique).

1. **Verifique** que todas las mangueras estén conectadas, sin escapes ni obstrucciones. Igualmente, cerciórese de limpiar los filtros. De acuerdo con la altura de las palmas, seleccione las extensiones que permitan que los difusores estén lo más cerca posible al follaje (Figura 6). Finalmente, compruebe la presión de trabajo del equipo, que viene dada por el fabricante (la de referencia es 1,5 bares).
2. **Establezca** las condiciones de operación de la toma de fuerza del tractor, en especial la velocidad de giro (RPM) y la de desplazamiento del tractor, así como el caudal de descarga de la nebulizadora. Las velocidades son seleccionadas en función de la uniformidad de la topografía de los lotes en los que se realizará la aspersión. A mayor velocidad de desplazamiento del tractor, mayor rendimiento de la labor. El caudal de descarga se gradúa con la llave reguladora (Figura 7).



Figura 6. Equipos nebulizadores electrostáticos utilizados para aspersiones foliares en palmas de diferentes edades.



Figura 7. Llaves reguladoras de caudal de los equipos nebulizadores electrostáticos.

3. **Afore** o determine el volumen de aspersión por palma (l/palma). Para ello agregue un volumen determinado de agua al tanque (por ejemplo 50 l), y realice un recorrido pasando una vez por todas las calles del lote con las condiciones de trabajo establecidas anteriormente (presión de trabajo, velocidad de giro de la toma de fuerza y de desplazamiento, y caudal de descarga). La velocidad de desplazamiento del tractor debe ser uniforme o constante. Luego cuente el número de palmas que asperjó, teniendo en cuenta que el equipo llega a la mitad del follaje de la palma al pasar por cada calle. Por lo tanto, al hacer el recorrido, el número de palmas asperjadas será la mitad del total de las dos líneas (Figura 8). Por ejemplo, si en una calle hay 40 palmas (20 por línea), y en un recorrido desde la primera hasta la última se asperja la totalidad, el número de palmas tratadas es 20. Si el equipo llega al lote cargado con agua, señale dicho nivel en el tanque usando un marcador. Luego de realizar el recorrido, use un balde aforado y mida la cantidad de agua que se necesita para regresar el nivel del agua al punto marcado. Este valor corresponde al volumen de agua en el tanque referido en la Ecuación 4.

El volumen de aspersión por palma se obtiene al dividir el volumen conocido (aquel depositado en el tanque o medido con el balde), entre el número de palmas asperjadas (Ecuación 4). Para variarlo, se puede modificar el caudal moviendo la llave reguladora (Figura 7), o cambiando la velocidad de operación del tractor.

$$\text{Volumen de aspersión} \left(\frac{l}{\text{palma}} \right) = \frac{\text{Volumen de agua en el tanque (l)}}{\text{Palmas asperjadas (palmas)}} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Ejemplo:

Si el volumen del agua depositada en el tanque es de 32 l y el total de palmas asperjadas es de 22, entonces:

$$\text{Volumen de aspersión} = 32 \text{ l} / 22 \text{ palmas} = 1,4 \text{ l/palma}$$



Figura 8. Recorrido en campo para determinar el volumen de aspersión por palma.

- 4. Dosifique** el producto que va a utilizar, teniendo en cuenta la dosis recomendada (producto/ha o producto/palma) y el volumen necesario para la aspersión (litros/ha o litros/palma). Para hacerlo, siga el procedimiento descrito en la Unidad V de recomendaciones, sección dosificaciones.

Nebulizadora electrostática con cañón

Definición: este equipo se encuentra en el grupo de las máquinas accionadas por la toma de fuerza del tractor. Es de alto desempeño por lo que puede abarcar un gran número de palmas en la jornada. Es común en siembras de cítricos y vid, ya que está diseñada para intervenir un estrato específico de las plantas (Figura 9). En el cultivo de la palma de aceite, se emplea para aspersiones foliares en palmas de diferentes edades, con algunas modificaciones mecánicas que permiten generar un movimiento vertical con el propósito de mejorar el cubrimiento en todos los estratos (Figura 10). Su uso implica pasar dos veces por la misma calle, disminuyendo la eficiencia de la labor y generando una mayor compactación del suelo.

La calibración se realiza siguiendo la estrategia VEAD (verifique, establezca, afore y dosifique) descrita en la pagina 23.



Figura 9. Nebulizadora electrostática con cañón utilizada en el cultivo de palma de aceite.



Figura 10. Movimiento vertical de la nebulizadora electrostática con cañón que permite obtener un adecuado cubrimiento en aspersiones foliares en cultivares híbridos OxG de palma de aceite.

Pulverizadora agrícola Jacto Arbus 400 Golden

Definición: es un equipo de alto desempeño, acoplado y accionado por la toma de fuerza del tractor. Fue desarrollado para cultivos frutales con el fin de incrementar el rendimiento y mejorar la cobertura de la aspersión. No obstante, presenta dificultades para acceder a los niveles superiores de las plantas, en especial cuando se trata de palmas de aceite con alturas superiores a 4 m (hasta seis años). La distribución de las boquillas en forma de abanico permite una mayor uniformidad en la aspersión al follaje de las palmas (Figura 11).



Figura 11. Pulverizadora utilizada para aspersiones foliares.

Para su calibración se debe seguir la estrategia **VDADD** (verifique, defina, afore, determine y dosifique).

1. **Verifique** que todas las mangueras estén conectadas, sin escapes y que los filtros se encuentren limpios. Igualmente, conozca la presión de operación del equipo dada por el fabricante, una de referencia es 100 lb/pulg² o psi.
2. **Defina** la velocidad de rotación de la toma de fuerza del equipo (RPM) y la de operación del tractor, así como el número de boquillas con las que realizará la labor. La velocidad de operación depende de la uniformidad de los lotes en los que se llevará a cabo la aspersion. Sin embargo, tenga en cuenta que una mayor velocidad mejora el rendimiento.

El número de boquillas depende de la altura de la palma. En las bajas se usan las boquillas laterales y se cierran las de la parte superior. En aquellas de hasta 4 m de altura, en las que sus hojas se entrecruzan en la calle, se emplean las boquillas superiores y algunas laterales de acuerdo con la distribución del follaje (Figura 12).

3. **Afore** o determine el caudal de cada boquilla (l/min/boquilla). Inicialmente, desconecte el ventilador de la unidad de potencia cuando esté completamente detenido. Para ello tire de la traba y gírela $\frac{1}{4}$ de vuelta (Figura 13).

Luego, enumere cada una de las boquillas de 1 a 12 en cada costado. El total de las boquillas de la pulverizadora es 24 (Figura 12). Compruebe el caudal de cada boquilla para lo cual debe conectar una manguera o asegurar una bolsa que recoja el agua de descarga y la deposite en un balde (Figura 12). Ponga a funcionar el equipo durante un tiempo determinado (por ejemplo 30 s), teniendo en cuenta las condiciones de operación definidas. Recolecte el agua descargada por cada boquilla y médala con una probeta o balde aforado. Repita esta medición tres veces para cada una y estime sus promedios.

El caudal de cada boquilla se obtiene dividiendo el promedio del volumen (l) de agua descargada, entre el tiempo en el que hizo la medición (min) (Ecuación 5). La diferencia de caudal entre estas y el promedio no debe ser mayor al 10 %. En caso contrario se sugiere cambiar la totalidad de las boquillas.

$$\text{Caudal de cada boquilla} \left(\frac{\text{l}}{\text{min}} \right) = \frac{\text{Volumen promedio de cada boquilla (l)}}{\text{Tiempo de operación (min)}} \quad [\text{Ecuación 5}]$$

Ejemplo:

Si el promedio del volumen determinado para cada boquilla es de 1,8 l y el tiempo en el que se hizo la medición es de 0,5 min (30 s), entonces:

Caudal de cada boquilla = 1,8 l / 0,5 min = 3,6 l/min



Figura 12. Numeración de las boquillas del equipo en cada uno de los costados y bolsas aseguradas en cada boquilla para determinar su descarga.



Figura 13. Localización de la traba del ventilador de una pulverizadora agrícola Jacto Arbus 400 Golden.

El caudal promedio de las boquillas (en conjunto) se obtiene con la Ecuación 6.

$$\text{Caudal de las boquillas} = \frac{\text{Caudal boquilla 1} + \text{Caudal boquilla 2} + \text{Caudal boquilla 3} + \dots + \text{Caudal boquilla n}}{\text{Número de boquillas}} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

Ejemplo:

Si los caudales registrados para cada una de las boquillas son 1,7 l/min, 1,8 l/min, 1,7 l/min y 1,7 l/min, entonces:

Caudal promedio de las boquillas = (1,7 l/min + 1,8 l/min + 1,7 l/min + 1,7 l/min) / 4 = 1,72 l/min/boquilla. Para este ejemplo, se puede verificar que la diferencia del caudal entre cada boquilla y el promedio de todas las boquillas es menor al 10 %. 1,8 l/min - 1,72 l/min = 0,08 l/min. Diferencia relativa = (0,08 l/min / 1,72 l/min) × 100 = 4,7 %.

4. **Determine** el volumen de aspersión por palma (l/palma) teniendo en cuenta las condiciones definidas de operación, el caudal promedio de las boquillas y el número de boquillas a utilizar (Figura 14). Para ello, seleccione un grupo de palmas (mayor a 30) y realice la aspersión, midiendo el tiempo que tarda en hacer esta labor, teniendo en cuenta que la velocidad del tractor debe ser constante de acuerdo con las condiciones del terreno. El volumen de aspersión por palma se estima reemplazando los valores correspondientes en la Ecuación 7.

$$\text{Volumen de aspersión} \left(\frac{l}{\text{palma}} \right) = \frac{\text{Caudal promedio de las boquillas} \left(\frac{l}{\text{min}} \right) \times \text{Boquillas utilizadas} \times \text{Tiempo de la prueba (min)}}{\text{Palmas asperjadas}} \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Ejemplo:

Si el caudal promedio de las boquillas (obtenido a través de la Ecuación 6) es 1,72 l/min, el número de boquillas utilizado es 8, el tiempo que tarda en realizar la prueba es de 2,3 min (138 s) y se asperjaron 22 palmas, entonces:

Volumen de aspersión = (1,72 l/min × 8 × 2,3 min) / 22 palmas = 1,4 l/palma

5. **Dosifique** el producto que va a asperjar teniendo en cuenta la dosis recomendada (producto/ha o producto/palma) y el volumen necesario para la aspersión (litros/ha o litros/palma). Para hacerlo siga el procedimiento descrito en la Unidad V de recomendaciones, sección dosificación.



Figura 14. Selección de boquillas para la aspersión de acuerdo con la altura de la palma.



UNIDAD
IV

Equipos de aspersión aérea



HK-1198

FUMIGACION

HK-1198

Definición: son equipos utilizados para aspersiones foliares en palmas de cualquier edad, en grandes extensiones y en corto tiempo (Figura 15). Para emplearlos se necesita una pista con los permisos exigidos por las autoridades aeronáuticas, e infraestructura de tanques o piletas necesarias para la preparación de las mezclas.

Previo a realizar la labor, se debe definir el polígono de aspersión que debe estar indicado en el sistema de geoposicionamiento (GPS) de la avioneta, y que adicionalmente tiene que coincidir con las condiciones reales del terreno. El área por asperjar puede ser entre un 5 y 20 % mayor al área neta plantada de los lotes de palma de aceite. Esto obedece a que se debe tener en cuenta el área de las vías y a que las aspersiones no inician ni finalizan exactamente en los bordes de los lotes.

Para la calibración se sugiere aplicar la metodología **VCDD** (verifique, consulte, determine y dosifique).

1. **Verifique** que las boquillas estén distribuidas en el 70 % de la envergadura alar, dejando los extremos libres. Además, compruebe que estén limpias al igual que los filtros. Recuerde que las boquillas obstruidas o tapadas gotean en la pista generando pérdidas y/o contaminaciones.
2. **Consulte** al piloto sobre el ancho de faja (m) del equipo de aspersión, la velocidad de vuelo (mi/h o km/h) y la presión de operación (psi, Pa u otra). El primero varía de un equipo a otro, y el piloto debe llegar a la pista con esta información. La velocidad de vuelo depende de cada avioneta. Una velocidad de referencia es 110 mi/h o 177 km/h. La presión de operación cambia de acuerdo con la bomba del equipo y, en este sentido, se debe solicitar al piloto realizar la aspersión con el máximo de presión. Un aspecto importante que define la calidad de la actividad consiste en mantener constante la presión de operación durante todo el vuelo.



Figura 15. Equipo aéreo utilizado en aspersiones foliares de grandes extensiones de palma de aceite.

3. Determine el caudal del equipo. Para ello, inicialmente asegure que el tanque de la avioneta contenga la cantidad de agua mínima que se mantiene y nunca se utiliza durante la operación (volumen residual). Este volumen varía con cada equipo de aspersión.

Luego vierta un volumen conocido de agua en el equipo (p. ej. 100 gal) (Figura 16), solicite al piloto hacer un vuelo a la velocidad definida para realizar la aspersión (p. ej. 110 mi/h) con la máxima presión (p. ej. 40 psi), y pídale que determine el tiempo que tarda en desocuparse el tanque del avión (este tiempo se debe expresar en minutos). Este corresponde al lapso transcurrido entre el momento de apertura de la válvula y aquel en el que se vacía el equipo. La tarea se debe hacer tomando como referencia el visor del tanque presente en la cabina.

El caudal se obtiene relacionando el volumen depositado en el tanque (gal) con el tiempo que tarda en desocuparse (min) (Ecuación 8).

$$\text{Caudal del equipo} \left(\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right) = \frac{\text{Volumen depositado en el tanque (gal)}}{\text{Tiempo para vaciar el volumen (min)}} \quad [\text{Ecuación 8}]$$

Ejemplo:

Si el volumen depositado en el tanque es 100 gal y el tiempo que tarda el equipo en desocupar ese volumen es 1,3 min (78 s), entonces:

$$\text{Caudal del equipo} = 100 \text{ gal} / 1,3 \text{ min} = 76,9 \text{ gal/min}$$

4. Calcule el volumen de aspersión por hectárea (gal/ha) utilizando la Ecuación 9.

$$\text{Volumen de aspersión} \left(\frac{\text{gal}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Caudal del equipo} \left(\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right) \times \text{FC}}{\text{Ancho de faja (m)} \times \text{Velocidad de operación} \left(\frac{\text{mi}}{\text{h}} \right)} \quad [\text{Ecuación 9}]$$

Ejemplo:

Si el caudal del equipo es 76,9 gal/min (obtenido en la Ecuación 8), el factor de conversión es 373, el ancho de faja al que viene configurado el equipo es 18 m y la velocidad de operación es 110 mi/h, entonces:

$$\text{Volumen de aspersión} = (76,9 \text{ gal/min} \times 373) / (18 \text{ m} \times 110 \text{ mi/h}) = 14,4 \text{ gal/ha}$$

Donde:

Caudal del equipo se obtiene de la Ecuación 8.

FC: factor de conversión. Si la unidad de velocidad de la avioneta está dada en mi/h, use 373; si está en km/h, utilice 600, y si está en kn (nudos), emplee 324. Recuerde mantener las unidades del ancho de faja y del caudal, en metros y litros por minuto, respectivamente.

Ancho de faja y velocidad de operación deben ser suministrados por el piloto, de acuerdo con las características del equipo.

5. **Dosifique** el producto de acuerdo con el área del polígono de aspersión y no con el de los lotes. Tenga en cuenta la capacidad del tanque del equipo de aspersión y el volumen máximo por viaje. Este último depende de la distancia entre la pista y el lote, y lo estima el piloto. De otro lado, recuerde usar la dosis recomendada (producto/ha o producto/palma), y realizar el sobrevuelo lo más cerca al follaje, en horas con menor viento y más bajas temperaturas (menores a 28 °C) que corresponden a las primeras horas del día y a las últimas de la tarde.



Figura 16. Determinación del caudal del equipo de aspersión aéreo.



UNIDAD
V

Recomendaciones



Dosificación

Consiste en definir la cantidad de agroinsumo que se debe emplear de acuerdo con el volumen o la capacidad del tanque del equipo que se vaya a utilizar. Para determinar la concentración utilice la Ecuación 10. Luego tenga en cuenta la capacidad del tanque y si va a utilizar o no, el equipo a máxima capacidad. Para determinar la cantidad de producto que debe utilizar en la premezcla utilice la Ecuación 11.

$$\text{Concentración de producto a aplicar} = \frac{\text{Dosis recomendada (cc)} \frac{\text{cantidad}}{\text{objetivo}}}{\text{Volumen de aspersión (s)} \frac{\text{volumen}}{\text{objetivo}}} \quad [\text{Ecuación 10}]$$

Donde:

Dosis recomendada: expresada en gramos, cc o litros, por unidad objetivo (palma, hectárea o m²)

Volumen de aspersión: definido en la Ecuación 2.

$$\text{Cantidad de producto a aplicar por tanque} = \frac{\text{Concentración del producto} \times \text{Volumen del tanque} \times \text{Porcentaje de aprovechamiento}}{100} \quad [\text{Ecuación 11}]$$

Donde:

Concentración del producto se obtiene de la Ecuación 10.

El volumen aparece en alto relieve en el mismo tanque del equipo.

Porcentaje de aprovechamiento, corresponde a la proporción del tanque que se desea emplear. Si solamente usa la mitad, este corresponde al 50 % (0,5), y si por el contrario utiliza la capacidad completa, el porcentaje es del 100 % (1,0).

Esta actividad aplica para todos los equipos que se mencionan en este documento.

Verificación del cubrimiento

Para corroborar la distribución y homogeneidad de una aspersión (cubrimiento), es recomendable el empleo de papel hidrosensible o el uso de un colorante fluorescente. Una adecuada cobertura de un producto entomopatógeno fluctúa entre 50 y 70 gotas/cm².

Determinación del cubrimiento con papel hidrosensible

Saque el papel hidrosensible del sobre de almacenamiento evitando poner los dedos en el lado de color amarillo.

De acuerdo con la indicación del profesional a cargo, ubíquelo en el objetivo de aspersión (hojas, estípites, racimos, etc.) (Figura 17) y realice la labor del mismo modo como la definió durante la calibración.

Una vez haya finalizado, retire el papel hidrosensible y cuente las gotas presentes en 1 cm² (Figura 18). Una manera práctica es hacer un hueco de un cuadrado de 1 cm de lado sobre un cartón o cartulina a manera de molde, y emplearlo para contar las gotas en su interior. La cobertura está definida por la Ecuación 12.



Figura 17. Papel hidrosensible pegado en el envés de un foliolo de palma de aceite antes de la aspersión.



Figura 18. Papel hidrosensible pegado en el envés de un foliolo de palma de aceite luego de la aspersión.

$$\text{Cobertura} \left(\frac{\text{gotas}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Número de gotas en el hueco}}{1 \text{ cm}^2} \quad [\text{Ecuación 12}]$$

El resultado de este cálculo deberá ser reportado al profesional a cargo, quien analizará dicha información y tomará los correctivos a que haya lugar.

Determinación del cubrimiento con colorante fluorescente

Disuelva el colorante en el agua de acuerdo con las instrucciones del fabricante y viértalo en el tanque del equipo de aspersión.

Luego realice la aspersión del mismo modo como la definió durante la calibración. Una vez terminada dicha operación revise el objetivo (hojas, estípites, racimos, etc.), y con la ayuda de una linterna o lámpara de luz negra proceda a contar el número de gotas fluorescentes presentes en un 1 cm². Se recomienda emplear el mismo molde de cartón o cartulina descrito en el procedimiento anterior. La cobertura está definida por la Ecuación 12.

Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos de aspersión es una labor que se debe llevar a cabo de acuerdo con los manuales del fabricante o fichas técnicas. Esta tarea permite alargar su vida útil. Es recomendable que cada equipo tenga una hoja de vida, en la que se registre la fecha de los mantenimientos realizados por un técnico especializado.

Agroinsumos

Recuerde que, al momento de hacer los controles en el cultivo de palma de aceite, los operarios que intervienen en la aspersión (operador del equipo, ayudante, supervisor, etc.) deben usar los implementos de protección personal. Además, es preciso que sigan las recomendaciones de las fichas de seguridad o de uso y cuidado que se encuentran en la etiqueta de los productos que utilizan, los cuales siempre deben tener un registro ICA.

También es importante que el agua que se utilice cumpla con los criterios de pH y dureza recomendados para cada producto. Al momento de preparar cada agroinsumo es recomendable realizar una premezcla en la que se disuelva completamente el producto que se desea asperjar. No se recomienda preparar las mezclas en los tanques de los equipos de aspersión.

Proceso de validación de este documento

Los autores agradecen a las siguientes personas y empresas por sus valiosos aportes durante el proceso de validación en campo de este material:

Listado de personas que validaron la cartilla

Gustavo Toloza Naranjo
Oswaldo Alzate Orozco
Ordulio Arguello
César Bautista
Jhon Wilmar Alvarez Peña
Jonhatan García Alvarado
Edgar Alonso Durán Hernández
Miguel Ángel Díaz Durán
Andrés León Naranjo
Edinson Cedano Jaimes
Jorge Arturo Requena Elles
Yoandri Manuel Pardo Pardo
Luís Fernando Buitrago Barreto
Anderson Perdomo

Mauricio Andrés Martínez Martínez
Paola Zárate Gómez
Juan Carlos Pérez Molina
Luís Miguel Cruz Muñoz
Jairo Martínez
Duban Narváez
Gustavo Arias Bravo
Juan Gabriel Álvarez Vélez
Hemerson Rodríguez Correa
Johan Daza
Alex Adrián Martínez
José Hernando Navarro Uribe
Pedro Antonio Maldonado Flórez
David Alejandro Jiménez Mantilla
Fredy Cáceres Camargo
Samuel Soto Vivas

Alexander Martínez Rincón
Sebastián Santos
Pedro Martínez Rodríguez
Rafael Rey Picón
Víctor Antonio Malagón Valero
Brillit Gañán Galvis
Blanca Yasmín Penagos
Luz Karime Montoya Pantoja
Jamer Torres
Ángel Contreras
Helmut Méndez Machuca
Wilmer Rueda López
Diego David Lesmes Fabián
Ramiro Rincón C.
Diofer Vergara
Ana Patricia Roldán C.

Hernán Calderón Gómez
Jorge Eliécer Correa Duque
Nelson Rojas Rodríguez
Osmen Alberto Zea
Julián Andrés Medina
Jerson Oswaldo Carrasquilla Montoya

Plantaciones

Palmas Santafé, Palmas de Tumaco, Estación Experimental Providencia de Cenipalma, Palmeras de Yarima, Villa Claudia, Costa de Oro, Oleaginosas del Yuma, Palmas Monterrey, Palmas del Cesar, Pravia, Agroince.

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma
Bogotá, D.C. - Colombia
www.cenipalma.org