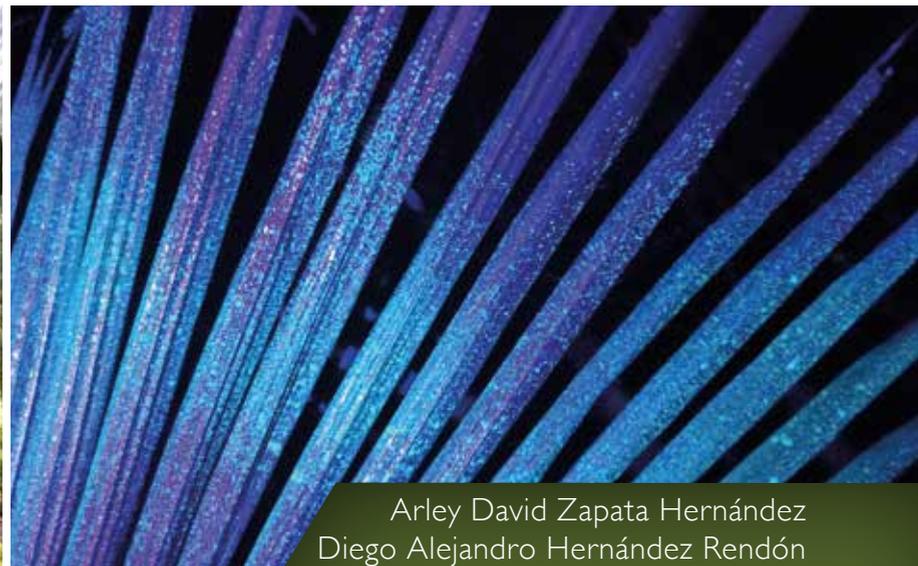


# Evaluación de la calidad de las aspersiones en cultivos de palma de aceite



Programa de Agronomía, Unidad de Validación de Resultados, Dirección de Extensión

Arley David Zapata Hernández  
Diego Alejandro Hernández Rendón  
Nolver Atanacio Arias Arias  
Juan Carlos Vélez Zape  
Jorge Avelino Rodríguez

# Evaluación de la calidad de las aspersiones en cultivos 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

**Hernán Mauricio Romero Angulo**

Director de Investigación

**Jorge Alonso Beltrán Giraldo**

Director de Extensión

## **Autores**

**Arley David Zapata Hernández**

Asistente de Investigación del Programa de Agronomía de Cenipalma

**Diego Alejandro Hernández Rendón**

Asistente de Investigación de la Unidad de Validación de Cenipalma

**Nolver Atanacio Arias Arias**

Coordinador del Programa de Agronomía

**Juan Carlos Vélez Zape**

Líder de Formación y Capacitación

**Jorge Avelino Rodríguez**

Director Agronómico de la plantación Oleaginosas San Marcos S.A.

Coordinación editorial

**Yolanda Moreno Muñoz**

Fotografías

**Archivo fotográfico Cenipalma**

Diseño y diagramación

**Fredy Johan Espitia Ballesteros**

Impresión

**Estudio 45-8 S.A.S.**

**ISBN: 978-958-8360-92-8**

Julio de 2022

**Cenipalma**

Calle 98 No. 70-91, piso 14.

PBX: (57+601) 313 8600

Bogotá, D.C., Colombia

[www.cenipalma.org](http://www.cenipalma.org)

# Contenido

Introducción	5
Glosario	7
Listado de abreviaturas	9
Unidades de medida	12
Unidad I	
Equipos de aspersión más utilizados en el cultivo de palma de aceite	15
1.1. Actividad n.º 1	22
Unidad II	
Parámetros para evaluar la calidad de la aplicación	23
2.1. Tamaño de la gota	26
2.2. Densidad de las gotas	39
2.3. Porcentaje de área cubierta	42
2.4. Actividad n.º 2	45
Unidad III	
Método tradicional para la evaluación de la calidad de las aspersiones en el cultivo de palma de aceite	47
3.1. Definición	50

3.2. Materiales	51
3.3. Metodología	52
3.4. Ejercitémonos para evaluar la calidad de la aplicación mediante el uso de láminas de papel propalcote utilizando las estrategias de comparación y ocular	57
3.5. Actividad n.º 3	60
<b>Unidad IV</b>	
<b>Método de trazadores fluorescentes para evaluar la calidad de las aspersiones</b>	<b>63</b>
4.1. Definición	65
4.2. Materiales	66
4.3. Metodología	68
4.4. Aprendamos haciendo: evaluación de la calidad de la aplicación mediante el uso de trazadores fluorescentes utilizando las estrategias de comparación y ocular	76
4.5. Actividad n.º 4	81
<b>Unidad V</b>	
<b>Estimación de parámetros para evaluar la calidad de las aspersiones mediante procesamiento de imágenes</b>	<b>83</b>
5.1. Definición	85
5.2. Metodología	86
5.3. Aprendamos haciendo: estimación de los parámetros para evaluar la calidad de la aplicación mediante procesamiento de imágenes	93
5.4. Actividad n.º 5	99
<b>Consideraciones y recomendaciones</b>	<b>100</b>
<b>Referencias</b>	<b>101</b>
<b>Anexos</b>	<b>103</b>

# Introducción

El cultivo de la palma de aceite en Colombia se ha caracterizado por el poco uso de agroquímicos, especialmente de plaguicidas, para el manejo de enfermedades y plagas. Esto se sustenta, en gran parte, en la diversidad de plantas que pueden desarrollarse en conjunto con el cultivo y que genera un agroecosistema propicio para el incremento de la biodiversidad y el equilibrio biológico de las especies de artrópodos que potencialmente pueden convertirse en plagas de importancia económica. La existencia de esa diversidad de plantas es potenciada por acciones previstas desde la fase del diseño de plantaciones, que se relacionan con la conservación de áreas forestales alrededor de las fuentes hídricas y también con la identificación y conservación de las llamadas áreas de alto valor de conservación (AVC), las cuales proveen de servicios ambientales como presencia de una entomofauna benéfica y otra serie de artrópodos que mantienen un control de las poblaciones de insectos plaga y, en consecuencia, minimizan la aplicación de productos químicos plaguicidas en el cultivo de palma de aceite.

Sin embargo, por diversas razones, en algunas ocasiones es necesaria la intervención de poblaciones de artrópodos plaga como medida para regular sus impactos. Es entonces cuando los métodos biológicos y químicos se aplican empleando tecnologías de aspersión tanto terrestres como aéreas. Esta decisión se relaciona con el tamaño del área por intervenir. El criterio general de estas intervenciones fitosanitarias está en evitar que las poblaciones de los artrópodos plaga ocasionen un daño económico que se traduce en la reducción del peso y tamaño de los racimos de fruta fresca (RFF) y, por ende, en la afectación de la productividad.

Teniendo en cuenta que los costos anuales de la intervención de artrópodos plaga pueden llegar a representar hasta el 6 % de los costos variables de producción y que controles fallidos incrementarían dichos costos, afectarían poblaciones benéficas y aumentarían el potencial de la expansión del problema, es necesario garantizar que los productos aplicados cumplan su objetivo. Por ello es fundamental la calidad de la aplicación. Si bien esta característica está en función de los equipos utilizados, la operación y el desempeño de los trabajadores, las condiciones del cultivo, el ambiente y los coadyuvantes incorporados, entre otros,

resulta relevante su verificación como medida para la toma de decisiones en cuanto a los aspectos que se deberían mejorar para incrementar la efectividad y la eficiencia de las aplicaciones.

En esta guía se recopilan, de manera ilustrativa, los resultados de las investigaciones desarrolladas por el Programa de Agronomía y la Unidad de Validación de Resultados de Cenipalma en el tema relacionado con la evaluación de la calidad de las aspersiones foliares en el cultivo de la palma de aceite. Por lo tanto, se constituye en una herramienta que les ayuda, al personal técnico y a los tomadores de decisiones en las plantaciones, en la planificación, verificación y evaluación de las aspersiones dirigidas al control de artrópodos plaga, después de la calibración de los equipos que se utilizarán.

# Glosario

Para facilidad del lector y mejor entendimiento, a continuación se hace una definición de algunos de los términos generalmente usados en la evaluación de la calidad de las aspersiones, los cuales se mencionarán a lo largo de la cartilla:

- **Calidad de la aplicación:** Determinación de parámetros relacionados con el cubrimiento del producto aplicado con un equipo de aspersión, tales como la densidad de las gotas (gotas/cm<sup>2</sup>), el tamaño o los diámetros representativos de la gota y el porcentaje de área cubierta.
- **Calidad de la aspersión:** La correcta aplicación de un producto biológico o químico para el control de un problema fitosanitario sobre el follaje de las plantas.
- **Densidad de las gotas:** Se define como el número de gotas por unidad de área depositadas en una superficie de interés (gotas/cm<sup>2</sup>).
- **Deriva:** Se refiere a aquella parte de la aspersión que no alcanza el objetivo del tratamiento, generalmente debido a las condiciones atmosféricas, las características de los productos agroquímicos, el equipo o la técnica de aplicación.
- **Diámetro de Feret:** Es un parámetro que se utiliza para medir el diámetro de superficies irregulares. Corresponde al promedio entre el ancho máximo y el mínimo de una superficie o de una partícula.
- **Diámetros característicos:** Son tamaños o diámetros representativos que se utilizan como parámetros para describir la población de gotas producto de una aspersión o pulverización.
- **D<sub>vo.1</sub>:** Corresponde al diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 10 % del volumen total de las gotas analizadas.

- **$D_{v0.5}$ :** Diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 50 % del volumen total de las gotas analizadas y es habitualmente presentado como diámetro de la mediana volumétrica, o DMV (VMD por sus siglas en inglés).
- **$D_{v0.9}$ :** Diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 90 % del volumen total de las gotas analizadas.
- **Luz ultravioleta (UV):** Corresponde a luz generada entre el rango del espectro de radiación propio de la luz visible y está cercano al ultravioleta.
- **SPAN:** Corresponde a la amplitud relativa. Este parámetro representa la homogeneidad de la población por gotas, es decir, mientras más grande sea el valor de SPAN, más grande será el rango de tamaño de gotas.
- **Tamaño de gota:** Corresponde al diámetro de Feret y/o los diámetros característicos con los que se caracteriza la población de gotas.
- **Trazador fluorescente:** Es la sustancia química no tóxica que tiene la propiedad de emitir fluorescencia bajo una lámpara de luz ultravioleta o también llamada luz negra.
- **Umbralizar:** Significa convertir una imagen de color o gama de grises en una nueva escala cromática con solo dos niveles (colores), de manera que las gotas o manchas de aspersión queden separadas del fondo.

# Listado de abreviaturas

- **ASABE:** American Society of Agricultural and Biological Engineers
- **Ag:** Área de la gota
- **A<sub>T</sub>:** Área total
- **AVC:** Zonas de Alto Valor de Conservación
- **Cenipalma:** Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite
- **cm:** Centímetro(s)
- **Dg:** Diámetro de la gota
- **DMV:** Diámetro de la Mediana Volumétrica
- **D<sub>v0.1</sub>:** Corresponde al diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 10 % del volumen total de las gotas analizadas.
- **D<sub>v0.5</sub>:** Diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 50 % del volumen total de las gotas analizadas y es habitualmente presentado como diámetro de la mediana volumétrica, o DMV.
- **D<sub>v0.9</sub>:** Diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 90 % del volumen total de las gotas analizadas
- **EPP:** Equipo de Protección Personal
- **ft:** pie
- **ft<sup>2</sup>:** pie cuadrado
- **ft<sup>3</sup>:** pie cúbico

- **g:** Gramo
- **gal:** Galón
- **h:** Hora
- **ha:** Hectárea
- **in:** pulgada
- **in<sup>2</sup>:** pulgada cuadrada
- **in<sup>3</sup>:** pulgada cúbica
- **k:** Kilo
- **l:** Litro
- **lb:** Libra
- **m:** Metro
- **m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado
- **m<sup>3</sup>:** Metro cubico
- **MACA:** Montaje – Aspersión – Colecta – Análisis
- **m.c.a.:** Metro columna de agua
- **MADI:** Montaje – Análisis – Determinación – Informe
- **mi:** milla
- **ml:** Mililitro
- **mm:** Milímetro

- **OxG:** *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*
- **Pa:** *Pascals*
- **PACA:** Preparación – Aspersión – Colecta – Análisis
- **psi:** Libra por pulgada cuadrada
- **RFF:** Racimos de fruta fresca
- **s:** segundo
- **SPAN:** Amplitud relativa
- **UV:** Ultravioleta
- **VANT:** Vehículo Aéreo No Tripulado
- **$\pi$ :** Valor del número pi (3.14159)
- **$\mu\text{m}$ :** Micras o micrómetros

# Unidades de medida

Magnitud	Sistema Internacional de Unidades		Sistema anglosajón de unidades		Equivalencias entre unidades comunes
	Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo	
Longitud	Metro	m	Pulgada Pie Milla	in ft mi	1 in = 0.0254 m 1 ft = 12 in 1 mi = 1.609347 km (kilómetro) 1 m = 100 cm (centímetros) 1 m = 1,000 mm (milímetros) 1 mm = 1,000 $\mu\text{m}$ (micrómetros) 1 ft = 0.3048 m
Área	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>	Pulgada cuadrada Pie cuadrado Milla cuadrada	in <sup>2</sup> ft <sup>2</sup> mi <sup>2</sup>	10,000 m <sup>2</sup> = 1 ha (hectárea)

Magnitud	Sistema Internacional de Unidades		Sistema anglosajón de unidades		Equivalencias entre unidades comunes
	Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo	
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>	Pulgada cúbica Pie cúbico Galón	in <sup>3</sup> ft <sup>3</sup> gal	1 m <sup>3</sup> = 1,000 l (litros) 1 ml (mililitro) = 1 cm <sup>3</sup> (centímetro cúbico) 1 gal = 3.785 l
Tiempo	Segundo	s	Segundo	s	1 min (minuto) = 60 s 1 h (hora) = 3,600 s
Masa	Kilogramo	kg	Libra	lb	1 kg = 1,000 g 1 lb = 453.59 g <sup>1</sup> 1,000 kg = 1 t (tonelada)
Presión	Pascales	Pa	Libra por pulgada cuadrada	psi	1 psi = 6,894.75729 Pa 1 m.c.a. = 9.81 kPa 1 bar = 100 kPa

**Nota:** Para efectos de esta cartilla, se manejan las unidades de miles con coma y los decimales con punto, para facilitar el manejo del *software* ImageJ.

<sup>1</sup> En el ámbito internacional 1 lb = 453.59 g; sin embargo, en Colombia se ha generalizado 1 lb = 500 g.





UNIDAD

1

Equipos de aspersión  
más utilizados en el cultivo  
de palma de aceite



En el cultivo de la palma de aceite existe una amplia variedad de equipos para la aplicación de productos fitosanitarios, que deben seleccionarse de acuerdo con las especificaciones técnicas de la maquinaria disponible, el tamaño y el tipo de área por tratar, el cultivo y sus condiciones, el tipo de agente que se intervendrá, el tiempo y la mano de obra disponible, y la formulación del producto que se aplicará, entre otros. En la Tabla 1 se presentan los principales equipos de aspersión usados en el cultivo de la palma de aceite, para los que se presentan una breve descripción, las potencialidades y las limitaciones.

**Tabla 1. Principales equipos de aspersión usados en el cultivo de la palma de aceite**

Tipo de equipo		Descripción	Potencialidades y limitaciones
Palanca o presión hidráulica	 <p>Bomba de espalda manual</p>	<p>Este tipo de pulverizador trabaja con la presión suministrada, usualmente, por un compresor de accionamiento manual. El líquido se descarga a presión a través de la boquilla y lo transforma en una nube de aspersión. Estos equipos son utilizados en cultivos de baja altura, viveros o invernaderos.</p>	<p><b>Potencialidades:</b> Son de operación sencilla y, por consiguiente, de fácil mantenimiento y reparación.</p> <p><b>Limitaciones:</b> Debido a la variabilidad de la presión, generan una cobertura poco uniforme. Se utilizan, generalmente, en palmas de bajo porte (palmas de vivero y con menos de 5 años de siembra en campo); se puede utilizar en palmas con mayor altura cuando se acopla una lanza de trabajo de mayor longitud.</p>

Tipo de equipo		Descripción	Potencialidades y limitaciones
<p>Motorizados de espalda con ventilador</p>	 <p>Bomba de espalda motorizada</p>	<p>Se componen, básicamente, de un motor de dos tiempos, que acciona un ventilador axial o centrífugo, responsable de la generación de una corriente de aire a gran velocidad que pulveriza el líquido que fluye por el conducto de aire o las boquillas.</p>	<p><b>Potencialidades:</b> Son de fácil transporte, recarga y mantenimiento.</p> <p><b>Limitaciones:</b> Lo mismo que los equipos de palanca o presión hidráulica, se utilizan en palmas de bajo porte (palmas de vivero y palma joven con menos de 5 años de siembra en campo). Los rendimientos asociados a este tipo de equipos representan una de sus principales restricciones.</p>
<p>Semiestacionarios motorizados</p>	 <p>Bomba semiestacionaria</p>	<p>Están compuestos por una bomba de presión acoplada a un motor de cuatro tiempos mediante poleas y correas, un regulador de presión en el múltiple de salida y mangueras de succión, retorno y aspersión. Son usados en aspersiones foliares generalizadas o localizadas, aspersiones en flechas de las palmas al adaptar las lanzas con la longitud deseada. Estos equipos, generalmente, son transportados dentro de los lotes en carretas haladas por tractores o semovientes, acompañados de tanques de gran capacidad.</p>	<p><b>Potencialidades:</b> Ofrecen gran alcance del producto, al igual que buena homogeneidad en cuanto a la cobertura, y permiten acoplamientos de diferentes aditamentos con facilidad, con lo que se puede modificar la forma de salida del producto.</p> <p><b>Limitaciones:</b> Dada la utilización de mangueras, se presentan perforaciones constantes de estas con desechos vegetales cortantes (ejemplo: espinas de raquis de la hoja, entre otros).</p>

Tipo de equipo	Descripción	Potencialidades y limitaciones
<p data-bbox="141 597 316 728">Tractorizados - pulverizador atomizador (nebulizadores)</p> <div data-bbox="371 255 627 577">  <p data-bbox="438 602 560 631">Jacto AJ401</p> </div> <div data-bbox="378 694 633 1015">  <p data-bbox="405 1040 596 1069">Martignani M612</p> </div>	<p data-bbox="647 471 1117 803">La bomba o el ventilador son accionados por energía externa proveniente del tractor. Usan una combinación de aire y líquido para transportar el producto a la superficie objeto del tratamiento. El líquido se asperja mediante una corriente de aire proveniente de un ventilador de gran velocidad. Se pueden ajustar para aplicar bajos o altos volúmenes del producto en un amplio rango de presiones.</p>	<p data-bbox="1142 471 1688 665"><b>Potencialidades:</b> Son los equipos más utilizados para realizar las aspersiones foliares en el cultivo de la palma de aceite, lo que permite una fácil consecución de repuestos. Adicionalmente, su cobertura es uniforme, constante y de gran alcance.</p> <p data-bbox="1142 690 1688 854"><b>Limitaciones:</b> Al ser equipos terrestres, su principal restricción reside en la presencia de obstáculos tales como área foliar, que impide un mayor alcance, especialmente en cultivares híbridos interespecíficos O×G.</p>

Tipo de equipo		Descripción	Potencialidades y limitaciones
Equipos de aspersión aéreos		Los aviones agrícolas suelen ser pequeños, sencillos y resistentes. La mayoría tiene sistemas de pulverización conectados a los bordes posteriores de sus alas, y las bombas suelen ser impulsadas por turbinas eólicas.	<p><b>Potencialidades:</b> Ofrecen gran rendimiento y cubrimiento de áreas amplias.</p> <p><b>Limitaciones:</b> Dado su gran alcance, se debe contar con un área mínima (hectáreas) para que sea asperjada. Adicionalmente, las aplicaciones se ven muy influenciadas por la deriva ocasionada por el viento.</p>
Drones (VANT, vehículo aéreo no tripulado)	 Dron VANT	<p>En general se utilizan equipos que, según la normativa colombiana, pesan menos de 25 kg en despegue, y vuelan entre 1 y 5 metros sobre el dosel de las plantas y a velocidades inferiores a 8 m/s. La capacidad del tanque de los drones oscila entre 5 y 20 litros para motores diésel y 5-10 litros para motores eléctricos.</p> <p>Esta tecnología es novedosa en el cultivo de palma. Sus rendimientos por ha/día son casi comparables a los equipos terrestres, pero con la ventaja de que el dron puede usarse en palma de gran altura, para aplicaciones localizadas y con una deriva mínima.</p>	<p><b>Potencialidades:</b> Al ser equipos relativamente pequeños, pueden dirigir su aplicación aérea a áreas específicas de la palma de aceite (ejemplo: hojas, flechas). También, pueden transportarse con facilidad.</p> <p><b>Limitaciones:</b> Fundamentados en lo nuevo de esta tecnología, se desconocen sus alcances y restricciones. Se utilizan para pequeñas áreas o en aplicaciones puntuales como el paquete de flechas, dada su autonomía de vuelo y su capacidad de carga. Son equipos costosos, que deben operarse por personal capacitado.</p> <p>Colombia tiene una normatividad para regular el uso de drones, que está contenida en el apéndice 13 del RAC 91 (Reglamentos Aeronáuticos de Colombia), que incluye todas las disposiciones para la operación de este tipo de aparatos.</p>

Un común denominador, en las plantaciones de palma de aceite que poseen los equipos mencionados en la Tabla 1, es el taponamiento de las boquillas de los aspersores. No obstante, este inconveniente se supera cambiándolas periódicamente según la vida útil que indique el fabricante o con la implementación de mejores sistemas de filtrado para el agua de recarga en el depósito. Así se evita la incorporación de elementos extraños que puedan afectar la aplicación. Igualmente, en algunas plantaciones, este tipo de equipos presentan diferentes peculiaridades como es el caso de modificaciones, principalmente en las boquillas de uso. Este tipo de cambios afecta de manera directa y negativa la descarga y el cubrimiento que puede generar cada equipo; además, disminuyen la vida útil de otras piezas de uso.

Se debe indicar que, en la totalidad de los casos, los equipos descritos en este acápite pueden utilizarse en otros cultivos.

## I.I. Actividad n.º I

Tomando como guía la Tabla 1, caracterice los equipos de aspersión que se utilizan principalmente en la plantación donde labora. Use como guía el formato que se presenta a continuación. En la primera fila se muestra un ejemplo ilustrativo.

Tipo de equipo	Características técnicas y operativas	Principales inconvenientes de uso (en su plantación)	Soluciones para este tipo de inconvenientes (en su plantación)
 <p>Pulverizador tractorizado Rocha Ellite STD Serie Alpha</p>	<p>Tipo: Alpha            Capacidad: 400 l            RPM            Toma de fuerza: 550            Tipo de boquilla: "pastilla" cerámica            Color de la boquilla: blanco            Presión de trabajo: 10 bar            Caudal de la boquilla: 1.3 l/m            Número de boquillas: 12            Caudal: 15.6 l/min</p>	<p>Hojas a la altura del equipo interfieren en su circulación y generan daños en los componentes de este, como en el ventilador y las mangueras de conexión, especialmente en cultivares híbridos OxG en edades jóvenes y maduras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponerle al equipo una malla que sirva de protección de las hojas.</li> <li>• Hacer la poda adecuada del lote.</li> </ul>



UNIDAD

||

Parámetros para evaluar  
la calidad de la aplicación



Foto: Acosta, Y. (2022)

La correcta aplicación de un producto biológico o químico para el control de un problema fitosanitario incluye aspectos como la oportunidad en la aplicación, el uso de la dosis correcta y una adecuada calibración de los equipos de aspersión, con lo que se logra una distribución uniforme del ingrediente activo sobre el objetivo (Fernández *et al.*, 2020; Villalba, 2008).

La eficacia de un tratamiento depende, en alto grado, del cubrimiento obtenido en la aplicación (Villalba, 2008) y esta puede ser evaluada física o biológicamente. Por su facilidad, generalmente, el método físico es el más empleado para evaluar la calidad de una aplicación. Además, permite hacer una adecuada calibración del equipo de aplicación. La evaluación física se basa en la determinación de parámetros tales como la densidad de las gotas (gotas/cm<sup>2</sup>) y el tamaño o diámetro representativo de la gota (Chapple *et al.*, 2007; Castillo del, 2012; Montoya y Villalba, 2013; Olivet, 2009; Sesquile, 2014; Villalba, 2008). La ventaja de la evaluación física está en la rápida disponibilidad de los resultados, para que se puedan efectuar los cambios o hacer los ajustes necesarios a fin de alcanzar los objetivos propuestos. La evaluación física se puede realizar sobre partes de la planta (hojas o frutos) o sobre colectores (tarjetas).

## 2.1. Tamaño de la gota

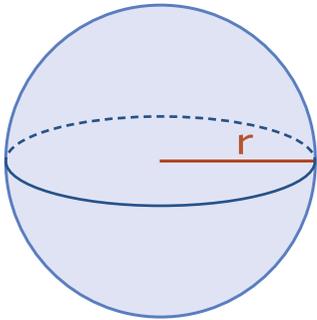
### 2.1.1. Definición

La gota constituye el vehículo o medio de transporte para que llegue la sustancia activa al blanco (planta o sus partes constitutivas, suelo, insectos, etc.). La evaluación de la calidad de la aplicación, normalmente, se determina con ciertos tamaños o diámetros representativos, los cuales facilitan una descripción de la población de las gotas. Entre los diámetros más usados se encuentran los siguientes:

- $D_{v0.1}$ : Diámetro de la gota por debajo del cual se encuentra el 10 % del volumen total de las gotas analizadas.
- $D_{v0.5}$ : Diámetro de la gota por debajo del cual se encuentra el 50 % del volumen total de las gotas analizadas, y es habitualmente presentado como diámetro de la mediana volumétrica o DMV (VMD, por sus siglas en inglés).
- $D_{v0.9}$ : Diámetro de la gota por debajo del cual se encuentra el 90 % del volumen total de las gotas analizadas.
- SPAN: Corresponde a la amplitud relativa. Este parámetro representa la homogeneidad de la población por gotas, es decir, cuanto más elevado sea el valor de SPAN, más alto será el rango del tamaño de las gotas.

$$SPAN = \frac{D_{v0.9} - D_{v0.1}}{D_{v0.5}} \text{ (Ecuación 1)}$$

Dado que los diámetros característicos están en función del volumen total de gotas, cuando la aplicación se realiza de forma líquida, el producto es asperjado en gotas pequeñas de forma aproximadamente esférica. Al partir de este supuesto, su volumen puede determinarse de acuerdo con la siguiente ecuación:



$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 \quad (\text{Ecuación 2})$$

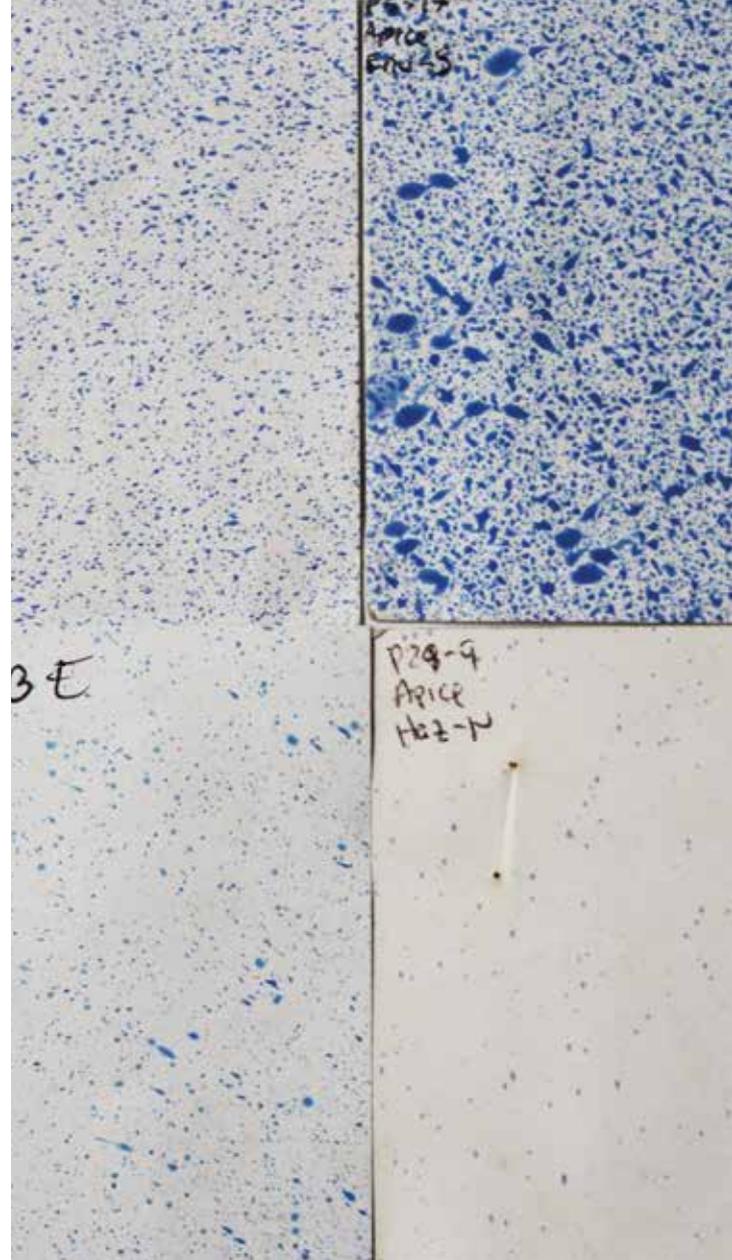
**Donde:**

$V$  = Volumen de la gota

$r$  = Radio de la gota

$D$  = Diámetro de la gota

$\pi$  = 3.1416

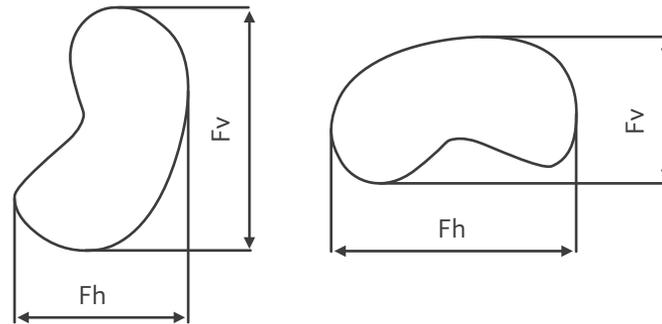


En la Figura 1 se presentan de una manera práctica algunos objetos de referencia que se pueden emplear para dimensionar en la realidad los diámetros de las gotas:



**Figura 1.** Algunos valores de referencia para el diámetro de las gotas.

Cuando el producto de la aspersión genera gotas irregulares, se utiliza el diámetro de Feret para medir el diámetro o el tamaño de la gota. El diámetro de Feret corresponde a la distancia entre dos líneas paralelas tangenciales de la gota (Figura 2). Dado que, en realidad, la gota irregular puede tener varios diámetros de Feret, generalmente se promedian los valores máximo y mínimo (ancho máximo y mínimo entre dos líneas paralelas de una gota irregular).



**Figura 2.** Ilustración de los diámetros de Feret máximo y mínimo.

Si el tamaño de la gota es muy grande, se generan problemas debido a la poca cobertura en el objetivo, la mínima uniformidad en la aplicación y el exceso de masa, lo que interfiere en la adhesión del ingrediente activo al objetivo, y se produce escorrentía al suelo. Al contrario, usar gotas con un tamaño muy pequeño puede ocasionar evaporación en condiciones de baja humedad o separaciones de curso por vientos leves, lo que agrava el fenómeno de la deriva e incrementa el riesgo de contaminación ambiental (Gonçalves *et al.*, 2016).

A fin de medir e interpretar la calidad de las aspersiones, la American Society of Agricultural and Biological Engineers (Asabe) desarrolló la norma ASABE S572.1, que se basa en la distribución del tamaño de la gota y el riesgo de deriva (Tabla 2), para lo cual incluye un código de colores para boquillas de aspersión (Asabe, 2009).

**Tabla 2.** Clasificación de las aspersiones en relación con el tamaño de gota

Calidad de la aspersión*	Tamaño de las gotas	DMV (micrones**)	Código de colores	Retención en hojas difíciles de mojar	Usos	Deriva potencial
Extremadamente fina	Pequeñas	<60	Morado	Excelente	Excepciones	Alta
Muy fina		61-105	Rojo	Excelente	Excepciones	
Fina		106-235	Naranjado	Muy buena	Buena cobertura	
Media		236-340	Amarillo	Buena	Mayoría de productos	
Gruesa		341-403	Azul	Moderada	Herbicidas sistémicos	
Muy gruesa		404-502	Verde	Pobre	Herbicidas de suelo	
Extremadamente gruesa	Grandes	503-665	Blanco	Muy pobre	Fertilización líquida	
Ultragruesa	Grandes	>665	Negro	Muy pobre	Fertilización líquida	Baja

Fuente: Asabe, 2009.

\*Siempre se debe leer la etiqueta del agroquímico para determinar la calidad de la aplicación requerida.

\*\*Estimado a partir del gráfico de referencia de muestra en ASABE/ANSI/ASAE Standard S572.1.

Según la Asabe (2009), para las aplicaciones de agroquímicos se recomiendan diversos tipos de aspersion: fina, media o gruesa. En general, para la aplicación de productos biológicos o químicos, se pueden utilizar tamaños de gota entre 150 y 350  $\mu\text{m}$ , de acuerdo con el equipo de aspersion, la formulación del producto y las condiciones climáticas (Villalba, 2008).

Generalmente, en las etiquetas de los productos fitosanitarios se deben suministrar las recomendaciones o requerimientos respecto al tamaño de gota a usar. Esto se toma como base para la elección de equipos de aspersion, boquillas y, en general, la configuración y calibración del equipo de pulverización que se usará. Cuando no se cuente con esta información, Hipkins & Grisso (2014) recomiendan como criterios orientadores, la clasificación que se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Rango del tamaño de las gotas para aplicaciones de productos agroquímicos\*

Aplicación	Categoría de la gota**	Rango DMV aproximado*** (Micrones)
<b>Fungicida</b>		
Protección foliar o curativa	Media (M)	226-325
<b>Insecticida</b>		
Contacto foliar o ingestión	Media (M)	226-325
Sistémico foliar	Gruesa (C)	326-400

Continúa

Aplicación	Categoría de la gota**	Rango DMV aproximado*** (Micrones)
Sistémico aplicado al suelo	Gruesa (C)	326-400
	Muy gruesa (VC)	401-500
	Extremadamente gruesa (XC)	500-650
	Ultragruesa (UC)	>650
<b>Herbicida</b>		
Foliar/contacto posemergente	Media (M)	226-325
Foliar/sistémico posemergente	Gruesa (C)	326-400
Aplicado al suelo/sistémico preemergente	Gruesa (C)	326-400
	Muy gruesa (VC)	401-500
	Extremadamente gruesa (XC)	500-650
	Ultragruesa (UC)	>650

Fuente: Hipkins & Grisso, 2014.

\*Siempre debe leerse la etiqueta del producto agroquímico. Esta podría mencionar el tamaño de gota adecuado, lo cual indicará la selección de la boquilla y, a su vez, afectará la configuración y la calibración del equipo de pulverización que se usará.

\*\*Asabe (American Society of Agricultural & Biological Engineers) Standard 572.1.

\*\*\*Los rangos de DMV reportados varían ampliamente. DMV = Diámetro de la mediana volumétrica: diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 50 % del volumen total de las gotas analizadas.

## 2.1.2. Métodos para estimar el tamaño de la gota

### Comparación

Este método consiste en usar escalas de referencia de diferentes tamaños de gota (DMV), como se muestra en los anexos I y II. Dichas escalas han sido previamente determinadas y clasificadas. Este método se usa cuando no se requieren mediciones precisas para evaluar el tamaño de la gota y se pretende una evaluación rápida en campo después de una aspersión. El detalle práctico de cómo medir el tamaño de cada gota se presenta en las unidades III y IV.

### Ocular

Con este método se recurre al uso de herramientas como estereoscopios, que presentan una escala de referencia con la que se puede medir de manera directa el diámetro de cada gota. Este método ofrece más precisión que el de comparación; sin embargo, sus determinaciones toman más tiempo debido a que cada gota debe medirse de manera independiente. El detalle práctico de cómo medir el tamaño de cada gota se explica en las unidades III y IV.

### Procesamiento de imágenes asistidas por computador

Cuando se requiere de mediciones muy precisas se recurre a este método, en el que se utilizan programas de computador o de celular para determinar el diámetro de las partículas mediante el procesamiento de imágenes tomadas como resultado de una aspersión. Este método se explica con más detalle en la Unidad V.

## 2.1.3. Aprendamos haciendo: determinación de los diámetros característicos, clasificación, retención y potencialidades de uso de gotas resultantes de una aspersión

### Objetivo

Determinar, de una manera conceptual, los diámetros característicos medios de las gotas  $D_{v0.1}$ ,  $D_{v0.5}$  (DMV) y  $D_{v0.9}$ , como resultado de una aplicación cuya información se muestra en la Figura 3 y la Tabla 4. Adicionalmente, determinar la categoría de las gotas, la retención de las partículas en las hojas y el tipo de aplicación recomendable.

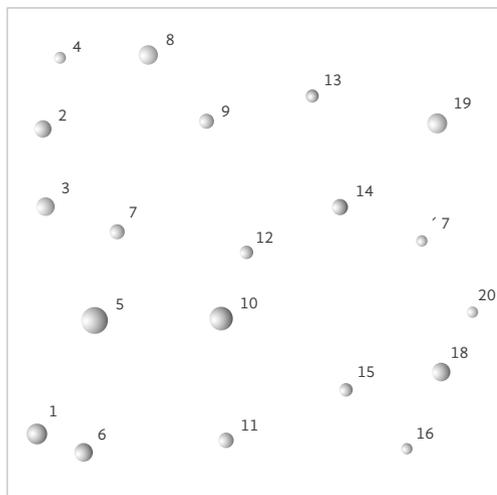


Figura 3. Ilustración de la distribución de gotas resultado de una pulverización

Tabla 4. Diámetro de las gotas medidas

Gota	Diámetro (micras)	Gota	Diámetro (micras)
1	410	11	311
2	341	12	245
3	361	13	230
4	213	14	320
5	503	15	270
6	334	16	221
7	280	17	200
8	365	18	380
9	291	19	449
10	475	20	182

## Elementos necesarios

- Hoja de papel y lápiz, para tomar apuntes
- Calculadora o, en su defecto, un computador con *software* para hacer los cálculos

## Estimación de los diámetros característicos

La metodología y los pasos para estimar los diámetros característicos se describen a continuación:

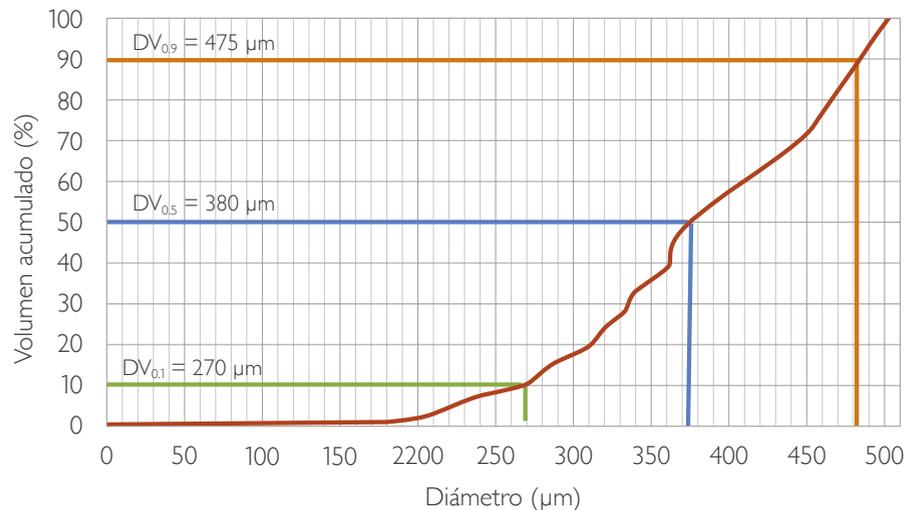
- Elabore una nueva tabla de datos de cinco columnas que corresponden al número de identificación de la gota, el diámetro de las gotas, el volumen de las gotas, el volumen acumulado de las gotas en  $\text{mm}^3$  y el volumen acumulado de las gotas en porcentaje (Tabla 5).
- En la columna 2 (Diámetro), organice los diámetros de menor a mayor.
- En la columna 3 (Volumen), calcule el volumen de cada una de las gotas con la Ecuación 1. Por ejemplo, para la gota 20, que tiene un diámetro de  $182 \mu\text{m}$ , el volumen se calcula como  $V = 4/3 * \pi * (0.182 \text{ mm}/2)^3 = 0.0032 \text{ mm}^3$ . Las unidades se trabajaron en mm, por practicidad para el ejemplo.
- En la columna 4 (Volumen acumulado), acumule los volúmenes estimados en la columna 3. Esto se realiza para cada gota sumando los volúmenes de las gotas anteriores ordenadas, incluida la gota de la misma fila de acumulación.
- En la columna 5 (Volumen acumulado %), estime el volumen acumulado en porcentaje.
- Estime el  $D_{v0.1}$ ; este corresponde al diámetro, el cual presenta un volumen acumulado del 10 % =  $270 \mu\text{m}$ , como se observa en la Tabla 5.
- Estime el  $D_{v0.5}$  (DMV): este corresponde al diámetro, el cual presenta un volumen acumulado del 50 %. Para la estimación se aproxima al valor más cercano; en este caso, del 52 %, que es equivalente a  $380 \mu\text{m}$ , como se observa en la tabla.

- Estime el  $D_{v,0.9}$ ; este corresponde al diámetro, el cual presenta un volumen acumulado del 90 %. Para la estimación se aproxima al valor más cercano; en este caso el 84 %, que es equivalente a 475  $\mu\text{m}$ , como se observa en la tabla.

**Tabla 5.** Cálculo de la distribución volumétrica de la población de gotas

Gota	Diámetro (micras)	Volumen ( $\text{mm}^3$ )	Volumen acumulado ( $\text{mm}^3$ )	Volumen acumulado (%)
0	0	0	0	0
20	182	0.0032	0.0032	0.7
17	200	0.0042	0.0073	1.7
4	213	0.0051	0.0124	2.9
16	221	0.0057	0.0181	4.2
13	230	0.0064	0.0244	5.7
12	245	0.0077	0.0321	7.6
<b>15</b>	<b>270</b>	<b>0.0103</b>	<b>0.0424</b>	<b>10.0</b>
7	280	0.0115	0.0539	12.7

Gota	Díámetro (micras)	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (mm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (%)
9	291	0.0129	0.0668	15.7
11	311	0.0157	0.0826	19.4
14	320	0.0172	0.0997	23.5
6	334	0.0195	0.1192	28.1
2	341	0.0208	0.1400	32.9
3	361	0.0246	0.1646	38.7
8	365	0.0255	0.1901	44.7
<b>18</b>	<b>380</b>	<b>0.0287</b>	<b>0.2188</b>	<b>51.5</b>
1	410	0.0361	0.2549	60.0
19	449	0.0474	0.3023	71.1
<b>10</b>	<b>475</b>	<b>0.0561</b>	<b>0.3584</b>	<b>84.3</b>
5	503	0.0666	0.4251	100.0



**Figura 4.** Distribución volumétrica de la población de gotas

En la Figura 4 se puede observar de manera gráfica la distribución de los tamaños de gotas y los diámetros característicos.

## Estimación de la categoría de las gotas, retención en las hojas de las partículas y tipo de aplicación recomendada

Tomando como referencia la clasificación de las aspersiones en relación con el tamaño de la gota (Tabla 2) y dado que el DMV equivale a 380  $\mu\text{m}$  de acuerdo con los valores de referencia, la categoría de las gotas es “Gruesa” y con una retención en las hojas “Moderada” (con base en la Tabla 2). Adicionalmente, a partir de la información del rango del tamaño de las gotas, para aplicaciones de productos fitosanitarios de la Tabla 3, el diámetro de las gotas es recomendado para aplicación de herbicidas, insecticida sistémico foliar y sistémico aplicado al suelo.

## 2.2. Densidad de las gotas

### 2.2.1. Definición

La densidad de las gotas se define como el número de estas depositadas por unidad de área en la superficie de interés (generalmente se trabajan en unidades de gotas/cm<sup>2</sup>), como se muestra en la Ecuación 3. Dicho valor se relaciona con la cantidad de ingrediente activo depositado en las diferentes partes de la planta y que es importante para asegurar la eficiencia del producto aplicado. La densidad de las gotas puede variar en función del objetivo de la aplicación, el tipo de producto por aplicar y el equipo que se va a usar. Es recomendable consultar, en la etiqueta del producto que se aplicará y con el técnico experto en el tema, la densidad de las gotas deseada. En la Tabla 6 se presentan recomendaciones de densidad de las gotas para algunos tipos de tratamientos en caso de que no se cuente con la información.

$$\text{Densidad de las gotas} = \frac{\text{Número de gotas}}{\text{Área}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Tabla 6. Recomendaciones mínimas de densidad de las gotas para diferentes tipos de tratamientos en cultivos de bajo porte.

Producto	Densidad (gotas/cm <sup>2</sup> )
Herbicida	
Preemergencia	20-30
Plántula	30-40
Planta (contacto)	50-70
Planta (sistémico)	30-40
Insecticida	
Contacto	40-50
Sistémico	20-30
Fungicida	
Contacto	50-70
Sistémico	30-40

Fuente: Teixeira, 2010.

## 2.2.2. Métodos para estimar la densidad de las gotas

### Comparación

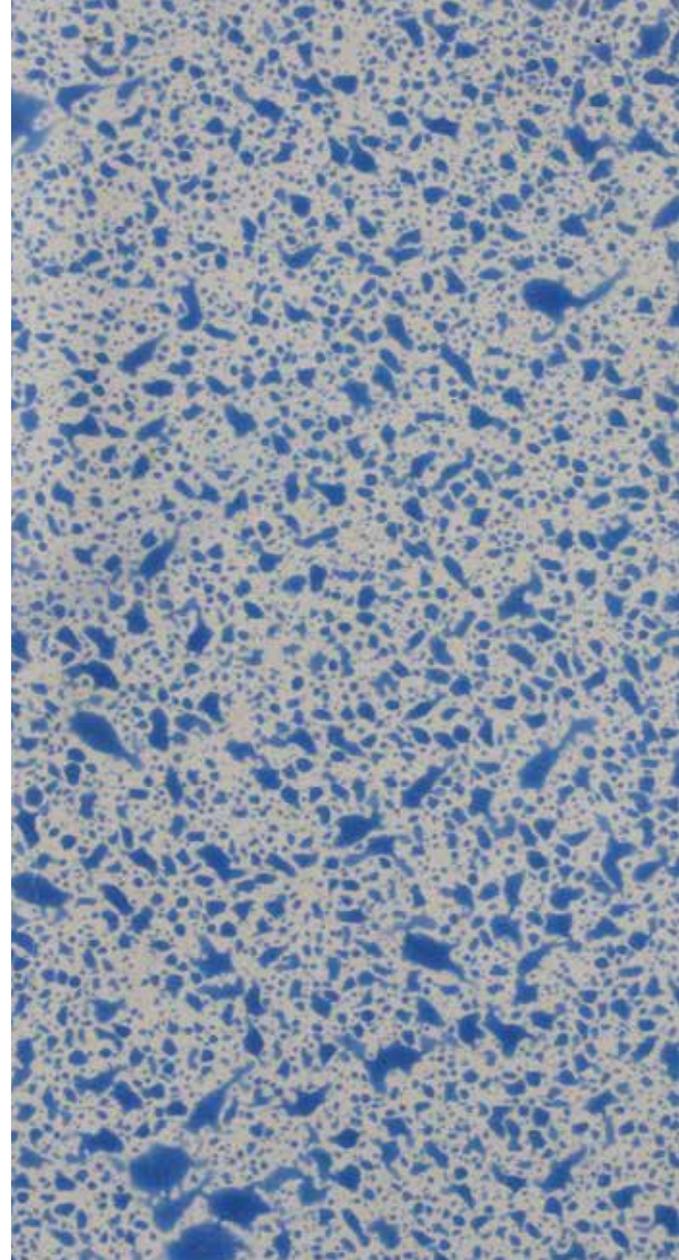
Consiste en usar escalas de referencias de diferentes densidades de gota, como se muestran en los anexos 1 y 2, los cuales han sido previamente determinados y clasificados. Este método se usa cuando no se requieren mediciones precisas para evaluar la densidad de las gotas y se necesita una evaluación rápida en el campo después de una aspersión. El detalle práctico de cómo estimar la densidad de las gotas se explica en las unidades III y IV.

### Ocular

Este método consiste en usar herramientas como lupas o estereoscopios, que posibilitan el conteo, de una manera directa del número de gotas en una unidad de área determinada. El detalle práctico de cómo medir el tamaño de cada gota se explica en las unidades III y IV.

### Procesamiento de imágenes asistido por computador

Cuando se requiere de mediciones muy precisas se recurre a este método, que consiste en usar programas de computador o de celular para determinar el número de gotas de las imágenes tomadas como resultado de una aspersión. Este método se explica con más detalle en la Unidad V.



## 2.2.3. Aprendamos haciendo: cálculo de la densidad de las gotas

### Objetivo

Determinar la densidad de las gotas del ejemplo que se muestra en la Figura 3, teniendo en cuenta que la imagen mide 1 cm de longitud por cada lado.

### Elementos necesarios

- Hoja de papel y lápiz, para tomar apuntes
- Calculadora o en su defecto un computador con *software*, que permita hacer los cálculos

### Estimación de la densidad de las gotas

Para estimar la densidad de las gotas se usa la Ecuación 3:

$$\text{Densidad de las gotas} = \frac{\text{Número de gotas}}{\text{Área}} = \frac{20 \text{ gotas}}{1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}} = 20 \frac{\text{gotas}}{\text{cm}^2}$$

## 2.3. Porcentaje de área cubierta

### 2.3.1. Definición

Mediante este parámetro se expresa el porcentaje de área cubierta por las gotas de pulverización en el objetivo, que indican el grado de cobertura del producto aplicado.

### 2.3.2. Estimación del porcentaje de área cubierta

Para estimar el porcentaje de área cubierta en un área determinada, se calcula el área de cada una de las gotas resultado de la aspersión, se suma la totalidad del área de las gotas y se divide por la totalidad del área analizada, multiplicando por el 100 %, para expresar el área de las gotas en porcentaje.

El área de cada gota y el porcentaje de área cubierta se estima con las ecuaciones 4 y 5, respectivamente, así:

$$\text{Área de la gota (Ag)} = \pi \frac{\text{Diámetro al cuadrado}}{4} = \pi \frac{Dg^2}{4} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\text{Área cubierta (\%)} = \frac{\text{Sumatoria del área de cada gota}}{\text{Área total analizada}} = \frac{\sum_{i=1}^n Ag_i}{A_T} = \frac{Ag_1 + Ag_2 + \dots + Ag_n}{A_T} \quad (\text{Ecuación 5})$$

**Donde:**

**Ag:** Área de la gota

**Dg:** Diámetro de la gota

**n:** Número de gotas

**A<sub>T</sub>:** Área total analizada

### 2.3.3. Aprendamos haciendo: cálculo del porcentaje de área cubierta

#### Objetivo

Determinar el porcentaje de área cubierta del ejemplo que se muestra en la Figura 3, al considerar que el cuadrado mide 1 cm de longitud por cada lado.

#### Materiales necesarios

- Hoja de papel y lápiz, para tomar apuntes
- Calculadora o en su defecto un computador con *software* que permita hacer los cálculos

#### Estimación del porcentaje de área cubierta

Para estimar el porcentaje de área cubierta se siguen los siguientes pasos:

- Columna "Área (mm<sup>2</sup>)": se considera el área de cada una de las gotas como el área de un círculo (Ecuación 4). Por ejemplo, para la gota 1, el área se estima como  $A_g = \pi \cdot (0.410 \text{ mm})^2 / 4 = 0.132 \text{ mm}^2$

Gota	Diámetro (μm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Gota	Diámetro (μm)	Área (mm <sup>2</sup> )	
1	410	0.132	11	311	0.076	
2	341	0.091	12	245	0.047	
3	361	0.102	13	230	0.042	
4	213	0.036	14	320	0.080	
5	503	0.199	15	270	0.057	
6	334	0.088	16	221	0.038	
7	280	0.062	17	200	0.031	
8	365	0.105	18	380	0.113	
9	291	0.067	19	449	0.158	
10	475	0.177	20	182	0.026	
					Total (mm <sup>2</sup> )	1.727
					Total (cm <sup>2</sup> )	0.017

- Se suma el área de todas las gotas. Para el ejemplo, el área total es de 1.727 mm<sup>2</sup> que equivale a 0.017 cm<sup>2</sup>
- El porcentaje de área cubierta se estima como el área total de las gotas dividido entre el área total del cuadrado, es decir:

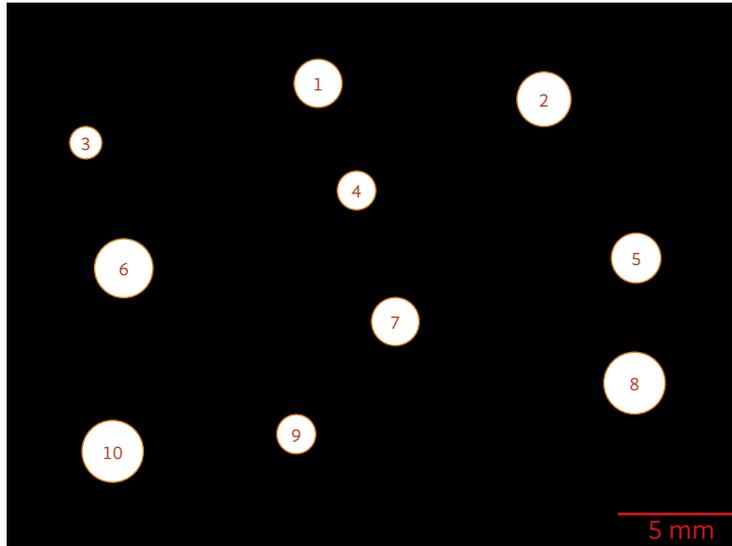
$$\text{Porcentaje de área cubierta} = \frac{\text{Área total de las gotas}}{\text{Área del cuadrado}} = \frac{0.017 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}} \times 100 \% = 1.7 \%$$

## Actividad n.º 2

Tomando como base la información presentada en la unidad, defina con sus palabras los siguientes conceptos. Para cada uno, especifique los rangos:

- i. Los diámetros característicos medios de las gotas  $D_{v0.1}$ ,  $D_{v0.5}$  (DMV) y  $D_{v0.9}$ .
- ii. La densidad de las gotas
- iii. El porcentaje de área cubierta

A partir de la Tabla 2, describa el rango de clasificación del DMV y el tipo de aplicación para el que se recomendaría este tipo de gotas.



Las dimensiones del recuadro son de 7 cm x 5 cm.

Gota	Diámetro (mm)
1	1.942
2	2.149
3	1.313
4	1.524
5	2.024
6	2.361
7	1.857
8	2.567
9	1.560
10	2.490



UNIDAD

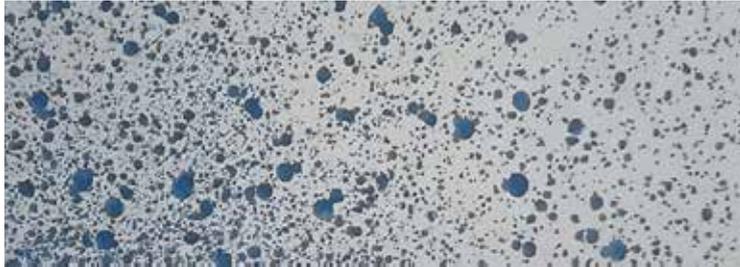
III

Método tradicional para la evaluación de la calidad de las aspersiones en el cultivo de palma de aceite

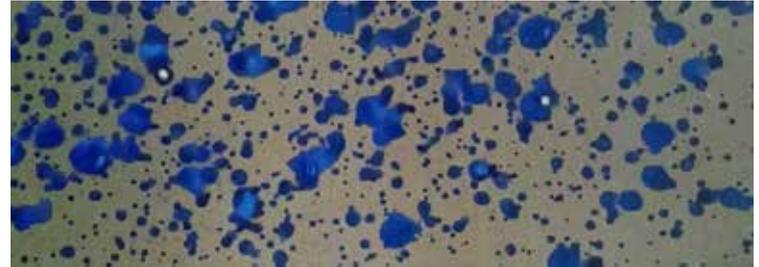


Foto: Acosta, Y. (2022)

Papel propalcote



Papel hidrosensible



**Pregunta orientadora:** Las imágenes muestran los resultados visuales sobre dos tipos de colectores (papel propalcote y papel hidrosensible) de la aplicación de un producto biológico de contacto, para el control del insecto plaga *Loxotoma elegans* (*Lepidoptera: Elachistidae*) en una plantación comercial de palma de aceite.

¿Cómo valoraría la aplicación del producto para el control de ese insecto plaga? Justifique su respuesta.



### 3.1. Definición

La utilización de marcadores de humedad es la metodología más ampliamente difundida que, mediante métodos visuales, determina el cubrimiento y la calidad de la aplicación de productos agroquímicos o biológicos en suspensión líquida. Esta metodología se basa en la recolección de las partículas asperjadas por los diferentes tipos de equipos sobre el área foliar, para luego determinar el cubrimiento (entendido como número de gotas/cm<sup>2</sup>), con el fin de evaluar la eficiencia del producto aplicado y, por ende, implementar los controles previstos para el manejo del artrópodo plaga o del agente que se desea controlar.

## 3.2. Materiales

Para evaluar la calidad de las aspersiones en el cultivo de la palma de aceite, mediante la utilización de marcadores de humedad (papel propalcote o papel hidrosensible), es necesario contar con los siguientes materiales:

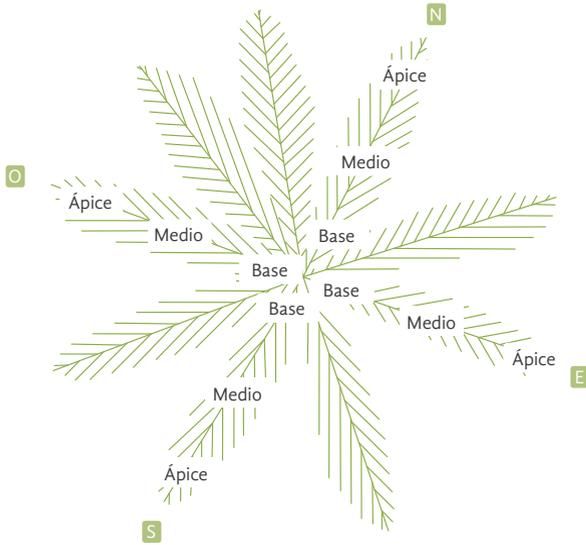
- Laminillas de papel hidrosensible o de recuadros de papel propalcote de 200 g (tamaño 5 cm x 7 cm), según el caso (Figura 8a)
- Ganchos soporte para ajustar en la hoja (Figura 8b)
- Cinta de enmascarar para unir las láminas a los ganchos (Figura 8c)
- Tubo de aluminio o PVC que sirva de extensión para poner los ganchos (Figura 8c), que pueden ser los mismos que se emplearon por el equipo de cosecha en palmas altas
- Grapadora y ganchos
- Solución de azul de metileno (0.4 %)
- Balanza
- Balde graduado para preparar la mezcla
- Agitador de madera u otro elemento que sirva para mezclar

## 3.3. Metodología

Para ambos casos (papel hidrosensible o propalcote) se empleará la estrategia metodológica MACA (montaje, aspersion, colecta y análisis), así:

**3.3.1. Montaje** del papel indicador en la palma de aceite. En este paso es importante definir el número de palmas por evaluar y en estas determinar la ubicación de las láminas de papel hidrosensible o propalcote, que guardan relación con el nivel del dosel (según el orden definido por la filotaxia), la cara (haz o envés) y las partes de la hoja que se evaluarán (distal o apical, media, proximal). De esta manera, las tarjetas se ubican atendiendo el plan de muestreo definido por la dirección agronómica de la plantación. Como recomendación general, para efectuar una evaluación detallada de la aplicación, se deben seleccionar como mínimo 5 palmas de manera aleatoria de un área representativa, cuyos puntos de muestreo para cada palma se describen a continuación:

- a. Identifique los puntos cardinales (caras) de la palma, como se muestra en la Figura 5.
- b. En cada punto cardinal, identifique las hojas correspondientes a los niveles 9, 17, 25 y 33, como se muestra en la Figura 6.
- c. Cada hoja identificada se divide en tres partes iguales (tercios apical, medio y proximal). En el raquis de cada uno de estos tercios se procede a ubicar dos recuadros de papel indicador: uno en la parte superior (haz) y otro en la parte inferior (envés), que corresponde a 6 láminas por hoja. Se recomienda usar recuadros de papel indicador con medidas de 7 cm x 5 cm (Figura 7).
- d. Lo anterior supone, por cada palma que se va a evaluar, un total de 96 láminas o recuadros de papel, correspondientes a 6 láminas por hoja, 4 hojas por cara y 4 caras por palma (norte, sur, este, oeste).



**Figura 5.** Selección de los puntos cardinales de la palma y de las partes de las hojas: apical (o distal), media y proximal por nivel.



**Figura 6.** Niveles según filotaxia de la palma.



**Figura 7.** Ubicación de los recuadros de papel propalcote o hidrosensible.  
Foto: Acosta, Y. (2022)

Para palmas pequeñas (menos de 3 metros de altura medidos hasta la corona de racimos), se recomienda unir las láminas directamente a los foliolos de la palma con ganchos de una grapadora o clips (Figura 8d). Para el caso de palmas de gran altura, se deben emplear extensiones de tubos de aluminio, que faciliten la ubicación de los ganchos (Figura 8c). Como se mencionó anteriormente, estas extensiones pueden ser las mismas empleadas por el equipo de cosecha de la plantación.



**Figura 8.** Procedimiento para situar los colectores. a: Lámina o colector; b: gancho soporte; c: extensión (tubo de aluminio) para situar los ganchos en palma alta; d: uso de grapadoras para ubicar directamente los colectores sobre el foliolo; e: palma con colectores, lista para la realización de pruebas.

**3.3.2. Aspersión** directa de la mezcla del producto agroquímico, biológico o agua (cuando se utiliza papel hidrosensible). En caso de que se utilice papel propalcote se debe contar con una solución de azul de metileno a razón de 0,4 gramos por litro de mezcla, con el fin de teñir las partículas de agua para que puedan ser visibles en el colector de humedad (recuadros de papel). Ahora bien, es preciso señalar que las aspersiones han de hacerse después de la calibración del equipo de aspersión que se utilizará, y siguiendo la metodología propuesta por Montes *et al.* (2020) para este fin. Es recomendable emplear el equipo con el que se desea evaluar la aplicación en el mismo lote o áreas donde se realizará la aplicación con el fin de que las condiciones de densidad de siembra, tipo de suelo, situaciones de humedad, pendiente del terreno y altura de la palma sean similares. Para estimar la cantidad de azul de metileno (en polvo) para la preparación de la mezcla se puede usar la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de azul de metileno (g)} = \frac{0.4 \text{ (g)} \times \text{cantidad total de mezcla por aplicar (l)}}{1 \text{ (l)}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Por ejemplo, si se desea preparar 15 litros de mezcla, se debe proceder de la siguiente manera:

Al usar la Ecuación 6, tenemos

$$\text{Cantidad de azul de metileno (g)} = \frac{0.4 \text{ (g)} \times 15 \text{ (l)}}{1 \text{ (l)}}$$

$$\text{Cantidad de azul de metileno (g)} = 6 \text{ g}$$

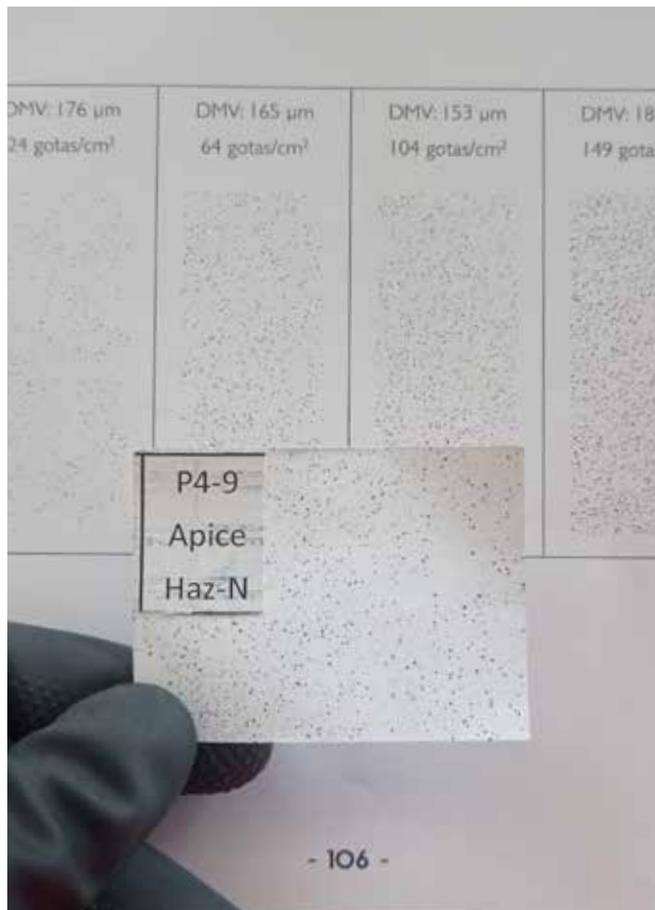
Es decir, se pesan 6 g de azul de metileno y se adicionan a los 15 litros de mezcla.

**3.3.3. Colecta** de los marcadores de humedad instalados en el área foliar de la palma, manualmente o mediante la utilización de un tubo de aluminio, si la altura de la palma lo amerita. Se debe tener especial cuidado en no mezclar, perder o ensuciar los elementos colectados.

**3.3.4. Análisis** de los colectores de humedad recaudados en campo mediante dos estrategias:

### **i. Estrategia de comparación mediante la utilización de escalas de referencia**

Para este fin, y utilizando el Anexo 1, se procede a realizar la actividad comparativa visual entre los resultados obtenidos en campo y las imágenes de referencia que se presentan en esta cartilla, hasta encontrar el patrón de referencia que más se asemeje a las láminas o recuadros recolectados en campo (Figura 9). Por ningún motivo se deben modificar o rayar estas impresiones, ya que son imágenes a escala que se emplean, igualmente, como punto de referencia del diámetro de la mediana volumétrica, DMV, de partículas generadas en aspersiones.



**Figura 9.** Estrategia de comparación mediante la utilización de escalas de referencia.

## ii. Estrategia de análisis ocular mediante la utilización de lupa y recuadro perforado

Después de la colecta de los indicadores de humedad en campo, y valiéndose del Anexo 2 (que se incluye en acetato) y una lupa, se procede a superponer este material sobre la muestra que se evaluará. Enseguida, con la lupa, se hace el conteo del número de gotas encontradas dentro de la cuadrícula de 1 cm<sup>2</sup> (Figura 10).



**Figura 10.** Estrategia de análisis ocular mediante la utilización de lupa y un recuadro perforado del Anexo 2.

## 3.4. Ejercitémonos para evaluar la calidad de la aplicación mediante el uso de láminas de papel propalcote utilizando las estrategias de comparación y ocular

### 3.4.1. Objetivo

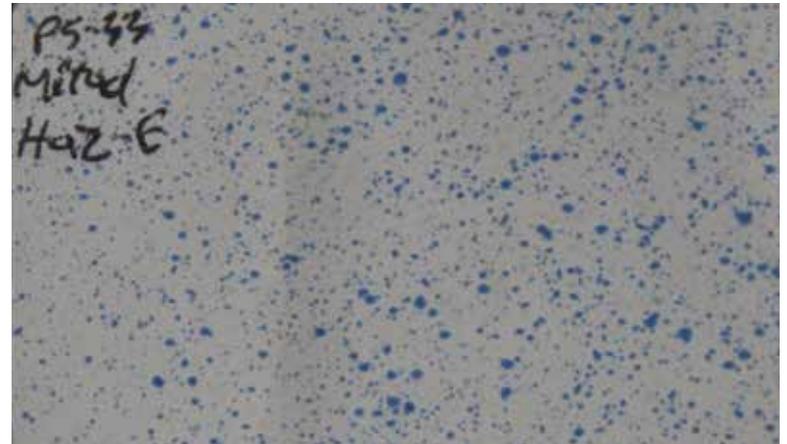
Determinar la calidad de la aplicación mediante las estrategias de comparación y ocular.

### 3.4.2. Materiales necesarios

- Láminas producto de la aspersión
- Hoja de papel
- Calculadora o en su defecto computador, para tomar apuntes
- Anexo 1 impreso y Anexo 2 en acetato

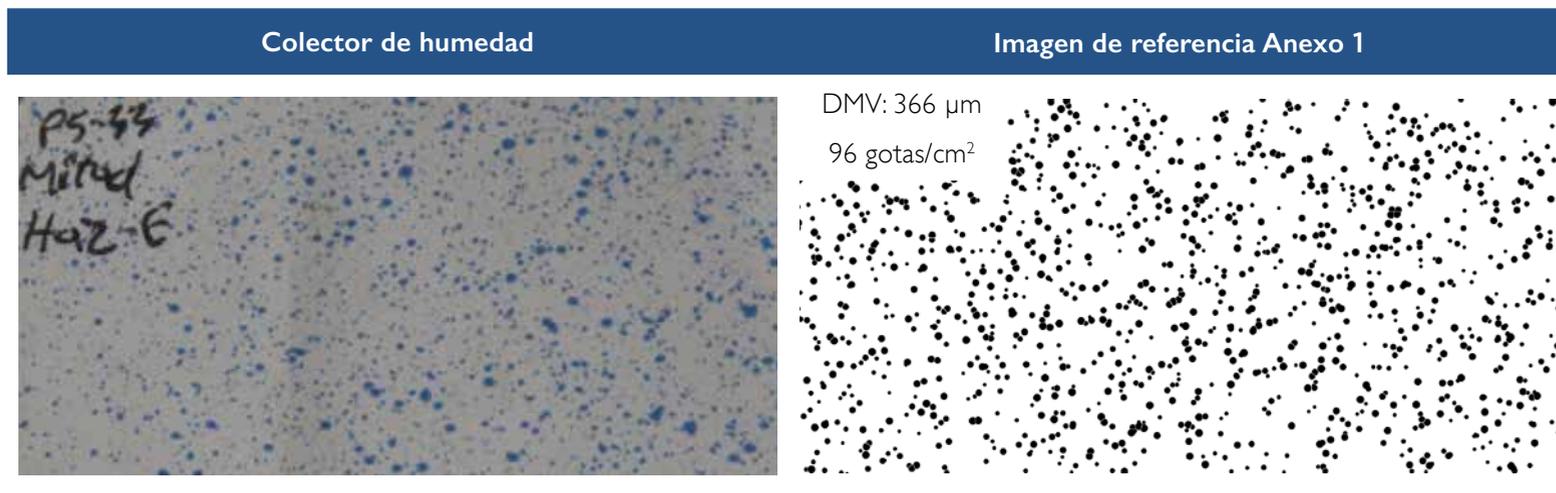
### 3.4.3. Para evaluar la calidad de la aplicación mediante la estrategia de comparación se deben seguir los siguientes pasos:

- i. En relación con el colector de humedad que se presenta en la Figura 11 (propalcote), determine visualmente el patrón de aspersión (densidad de las gotas y DMV).



**Figura 11.** Imagen del colector resultado de una aspersión para el ejercicio de la página 61.

- ii. Con base en el Anexo 1, haga una comparativa visual con el fin de determinar qué imagen de este anexo se asemeja de mejor manera con la dispersión de las gotas en este tipo de colector:



**Figura 12.** Ejercicio de aplicación de la estrategia de comparación visual para determinar el patrón de aspersión.

Visualmente, el colector de humedad tomado de campo, después de la aspersión, se explica en la imagen del Anexo 1, que corresponde a un diámetro de la mediana volumétrica de 366  $\mu\text{m}$  (DMV), lo que corresponde a una densidad mayor de 96 gotas/cm<sup>2</sup>.

### 3.4.4. Para evaluar la calidad de la aplicación mediante la estrategia ocular se siguen los siguientes pasos:

- i. Identificación del tamaño de gota: Tomando las láminas producto de la aspersión y apoyándose en el anexo 2, identifique el tamaño de gota que mas se asemeje para cada lámina (Figura 13a). Para el caso de la Figura 13a se tienen tamaños de gota aproximadamente entre 250 - 500  $\mu\text{m}$ .
- ii. Estimación de la densidad de las gotas: Con la ayuda de la lupa y sobreponiendo el recuadro perforado en el colector del punto i, proceda a contar las gotas que estén dentro de este recuadro (Figura 13b).

Para el caso que se está analizando, en el recuadro de 1  $\text{cm}^2$  se identifican 16 gotas, por lo que puede definirse una densidad de 16 gotas/ $\text{cm}^2$ . Este proceso se repite dos veces adicionales, para ubicar de manera aleatoria el cuadrado perforado en la misma lámina. Finalmente, se promedian los tres valores de densidad de gota.

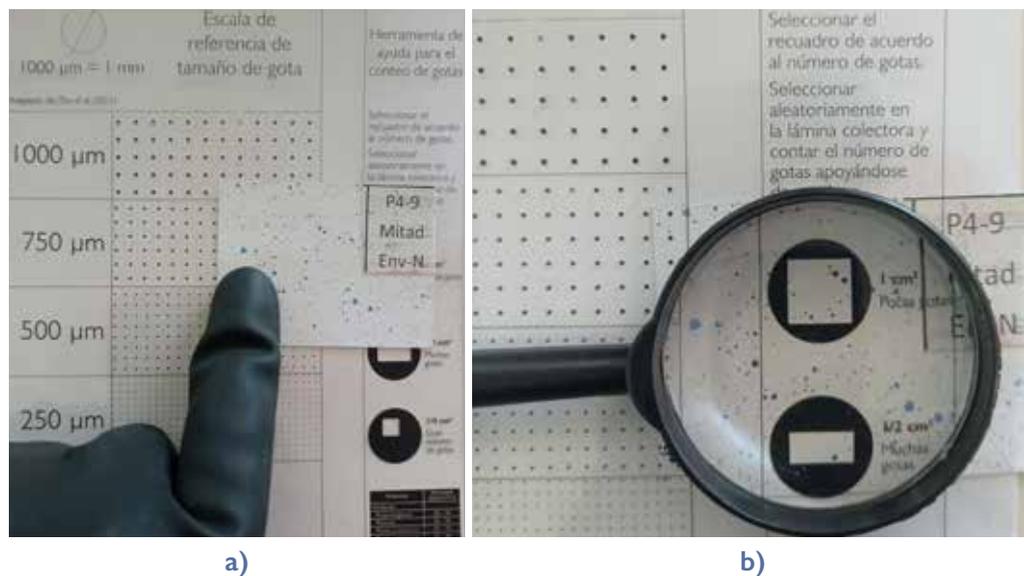


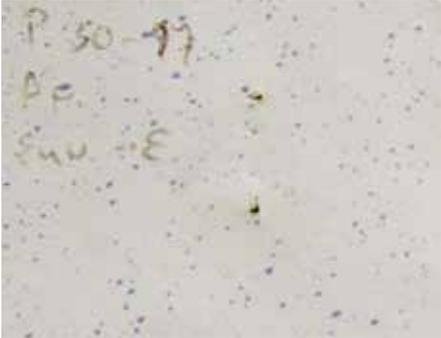
Figura 13. Ejercicio de aplicación de la estrategia ocular para evaluar la calidad de la aplicación.

## 3.5. Actividad n.º 3

### Evaluar la calidad de la aplicación mediante la estrategia ocular

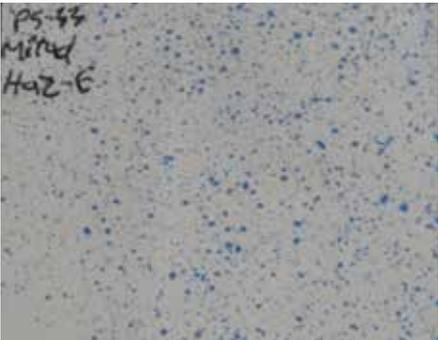
Tomando como insumos una lupa y el Anexo 2 (recuadros de acetato de 1 cm<sup>2</sup>):

1. ¿Cuántas gotas aproximadas por 1 cm<sup>2</sup> se encuentran en los colectores A, B o C?, de las imágenes que se presentan a continuación. Registre en la columna 2 el dato obtenido en el conteo de cada uno de los colectores de humedad.
2. Con base en los resultados obtenidos en el punto anterior, califique la aplicación realizada como buena, regular o mala y justifique su respuesta (columna 3).

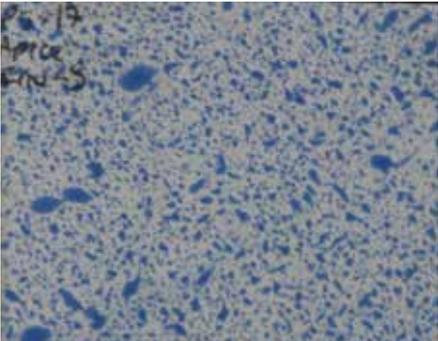
Columna 1 Colector de humedad (A, B o C)	Columna 2 Imágenes de referencia (Anexo 1)	Columna 3 Análisis de los resultados
	Ubicar la imagen del Anexo 1 que más se parezca	Leer el encabezado de la imagen seleccionada del Anexo 1 para determinar el DMV y la densidad de gotas. Apoyándose de las tablas 2 y 6 califique la aplicación

Colector A

Columna 1 Colector de humedad (A, B o C)	Columna 2 Imágenes de referencia (Anexo 1)	Columna 3 Análisis de los resultados
---	---	---

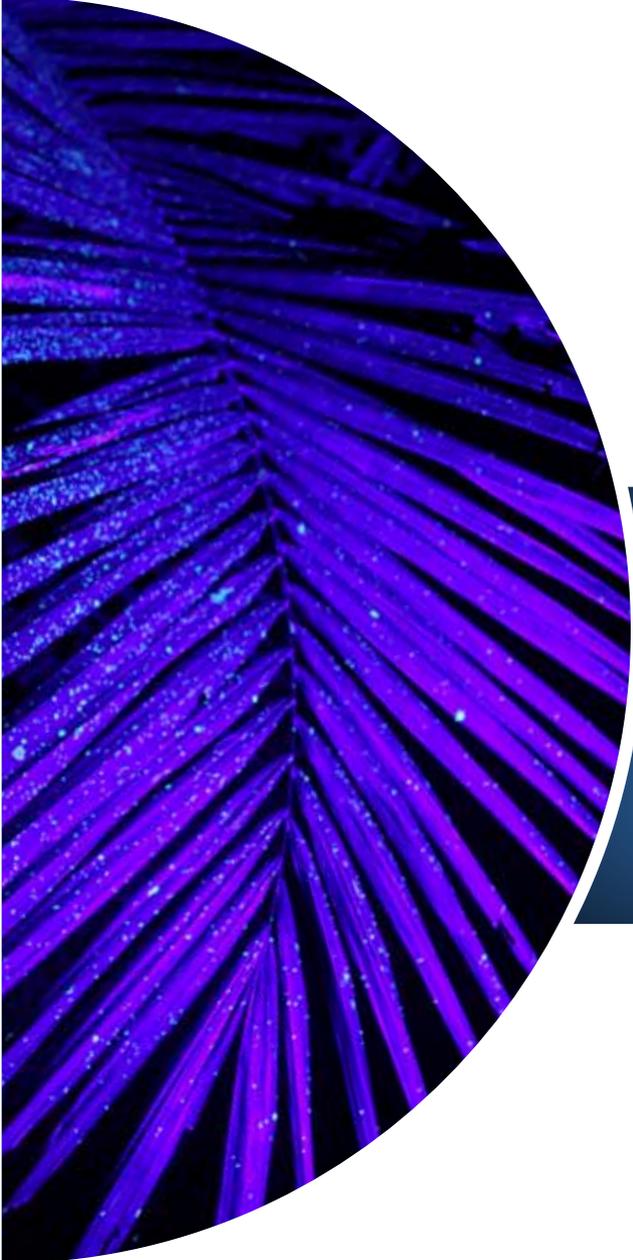


Colector B



Colector C





UNIDAD  
IV

Método de trazadores  
fluorescentes para evaluar la  
calidad de las aspersiones

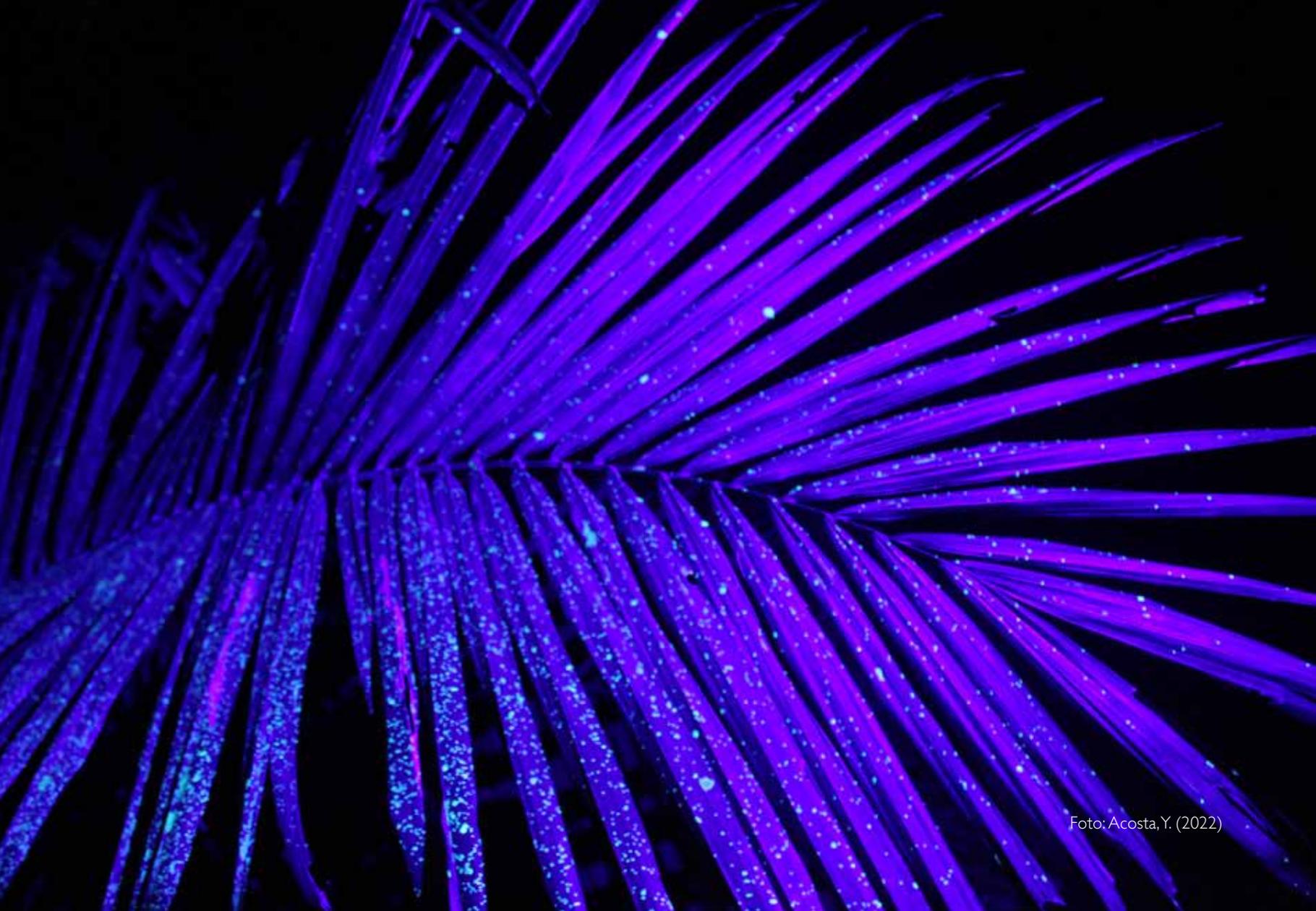


Foto: Acosta, Y. (2022)

## 4.1. Definición

El uso de trazadores fluorescentes es una técnica que se ha empleado para evaluar cualitativa y cuantitativamente la calidad de una aplicación, permiten cuantificar la cantidad de superficie vegetal que está cubierta de mezcla (agua + plaguicida + trazador) luego de una pulverización. Dado que las gotas de la mezcla, al depositarse y secarse sobre la superficie objetivo, dejan manchas que emiten fluorescencia al ser expuestas a la luz ultravioleta, también brindan un excelente contraste para el análisis de los depósitos de la aspersión y para estimar la calidad de la aplicación.



## 4.2. Materiales

Para evaluar la calidad de las aspersiones en el cultivo de la palma de aceite mediante la utilización de trazadores fluorescentes, es necesario contar con los siguientes materiales:

- a. Trazador fluorescente: Para el caso de las evaluaciones realizadas por Cenipalma se ha venido trabajando con el trazador fluorescente Tinopal CBS-X (Disodio 4,4'-Bis[2-Sulfonatostyryl] Biphenyl); sin embargo, puede usarse un equivalente en su lugar.
- b. Balanza
- c. Balde graduado para preparar la mezcla
- d. Mezclador o agitador
- e. Grapadora y ganchos
- f. Machete
- g. Cuchillo
- h. Cuchillo malayo
- i. Tijeras podadoras
- j. Lámina para marcar los folíolos
- k. Bolsas negras
- l. Marcador permanente
- m. Cinta de enmascarar
- n. Linterna de luz ultravioleta (UV) o lámpara de luz ultravioleta (UV)
- ñ. Lámpara de luz UV
- o. Caja oscura (el Anexo 3 presenta el esquema para su elaboración) o cuarto oscuro
- p. Anexo 1 impreso y Anexo 2 en acetato



**Figura 14.** Materiales requeridos para evaluar la calidad de las aspersiones en el cultivo de la palma de aceite mediante la utilización de trazadores fluorescentes

## 4.3. Metodología

Para la evaluación de la calidad de la aspersión mediante trazadores fluorescentes se empleará la estrategia metodológica PACA (preparación, aspersión, colecta y análisis):

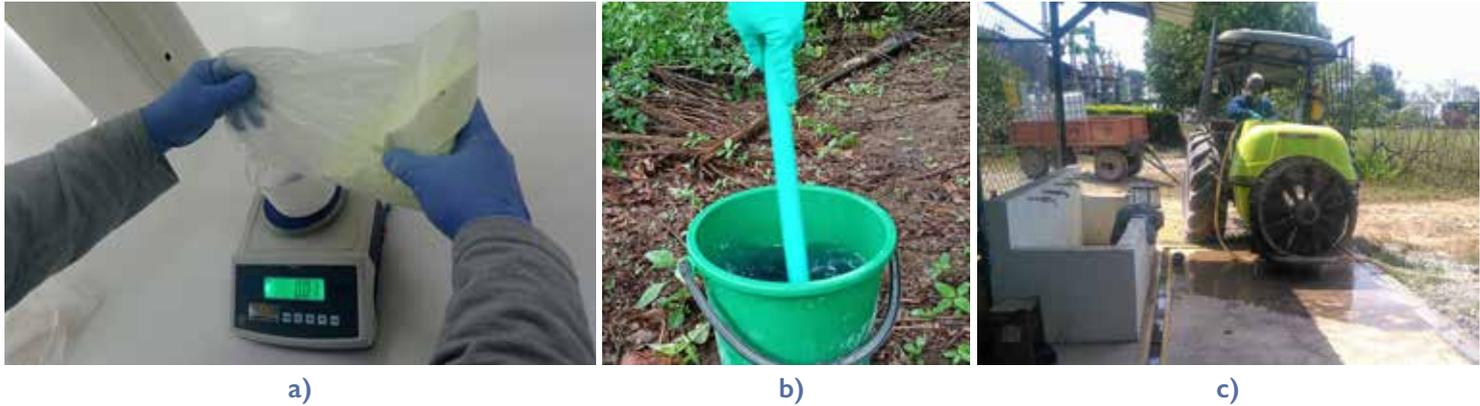
**4.3.1. Preparación** del trazador fluorescente e incorporación a la mezcla del producto agroquímico. Inicialmente se debe preparar la mezcla de trazador fluorescente al 1 % (10 g de trazador por cada litro de mezcla). Igualmente, ha de tenerse presente que la calidad del agua para la mezcla debe ser la recomendada en la etiqueta de los productos (Figura 15). Se puede emplear la siguiente relación a fin de saber la cantidad de trazador para una cantidad de mezcla deseada:

$$\text{Cantidad de trazador (g)} = \frac{10 \text{ (g)} \times \text{cantidad total de producto para aplicar (l)}}{1 \text{ (l)}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

A manera de ejemplo se desea evaluar una bomba de espalda cuya capacidad es de 20 litros. Determine la cantidad de trazador a utilizar:

$$\text{Cantidad de trazador (g)} = \frac{[10 \text{ (g)} \times 20 \text{ (l)}]}{1 \text{ (l)}} = 200 \text{ (g)}$$

Los productos en polvo deben mezclarse previamente con agua en un recipiente, hasta lograr la solución, y solo entonces se añaden al agua del tanque de almacenamiento del equipo de aspersión. Los trazadores fluorescentes, si no se mezclan bien, pueden ocasionar obstrucciones en los equipos. Es aconsejable añadir un producto a la vez, cuidando de agitar lo suficiente para garantizar la incorporación completa de las mezclas.



**Figura 15.** Preparación de la mezcla que se aplicará. a: Pesaje del trazador fluorescente (usar a razón de 10 g/l). b: Dilución y agitación de la mezcla. c: Llenado del tanque y mezclado con los agitadores del equipo.

**4.3.2. Aspersión** de la mezcla (agua + trazador fluorescente). Inicialmente se debe calibrar el equipo de aspersión que se empleará siguiendo la metodología propuesta por Montes *et al.* (2020). Luego, se efectúa la aspersión en el lote o las áreas objetivo de la aplicación (Figura 16). Finalmente, tenga en cuenta que el área seleccionada para la evaluación debe ser representativa del lote donde se aplicará; esto es, que las condiciones de densidad de siembra, el tipo de suelo, las características de humedad, la pendiente del terreno y la altura de la palma sean similares.



**Figura 16.** Aspersión de las palmas en el lote seleccionado para la evaluación.

**4.3.3. Colecta** de los foliolos a analizar: El uso de trazadores fluorescentes presenta una ventaja comparativa respecto a los tradicionales, ya que se puede evaluar directamente la aplicación sobre los foliolos. Para efectuar la colecta se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a. Corte de foliolos: En el caso de palmas altas, los folios se pueden cortar con la ayuda de un cuchillo malayo o cualquier otro dispositivo disponible en la plantación (Figura 17). Para palmas de poca altura, se pueden usar un machete o tijeras podadoras (Figura 18).
- b. El número de palmas que se evaluarán y la ubicación de los foliolos (según nivel de filotaxia, cara y partes de la hoja) se seleccionan de acuerdo con el plan de muestreo que defina el área encargada de este proceso en la plantación. Sin embargo, una evaluación detallada se podría llevar a cabo con el mismo procedimiento recomendado para la ubicación de las láminas de papel hidrosensible o propalcote, descrito en la unidad anterior (Montaje, página 52).



**Figura 17.** Uso del cuchillo malayo en la recolección de foliolos para evaluar la pulverización en palma alta.

- c. Identificación y marcación: Es conveniente registrar la procedencia de cada foliolo. En este sentido se sugiere incluir el identificador de la palma (lote, línea y palma), anillo (según filotaxia), parte de la hoja (ápice, medio o base), cara del foliolo (haz o envés), orientación (norte, sur, este, oeste) y demás información que se requiera para analizar la aplicación con el mayor detalle (Figura 19).



**Figura 18.** Corte de foliolos con tijeras podadoras en palmas de baja altura.



**Figura 19.** Formato ejemplo para la identificación y marcación del foliolo. P4 (palma 4), 9 (nivel 9 de la palma según filotaxia), Ápice (parte de la hoja), Env (envés), N (norte).

- d. Embalaje: Cuando se hace el análisis de estas muestras en un lugar diferente al área de recolección, los foliolos se deben embalar en bolsas de plástico (Figura 20). Para ello, en cada bolsa plástica se recomienda almacenar únicamente los correspondientes a cada palma de manera independiente y debidamente marcados. Antes de recoger los foliolos, se debe dejar que se seque la aspersion para evitar que se altere la evaluación. Los foliolos deberán conservarse en un recipiente oscuro y fresco a fin de evitar el contacto directo con la luz solar y la pérdida de humedad. También se recomienda el uso de guantes de látex y evitar el exceso de manipulación de los foliolos (en lo posible, manipularlos desde la base), para prevenir alteraciones en las lecturas.

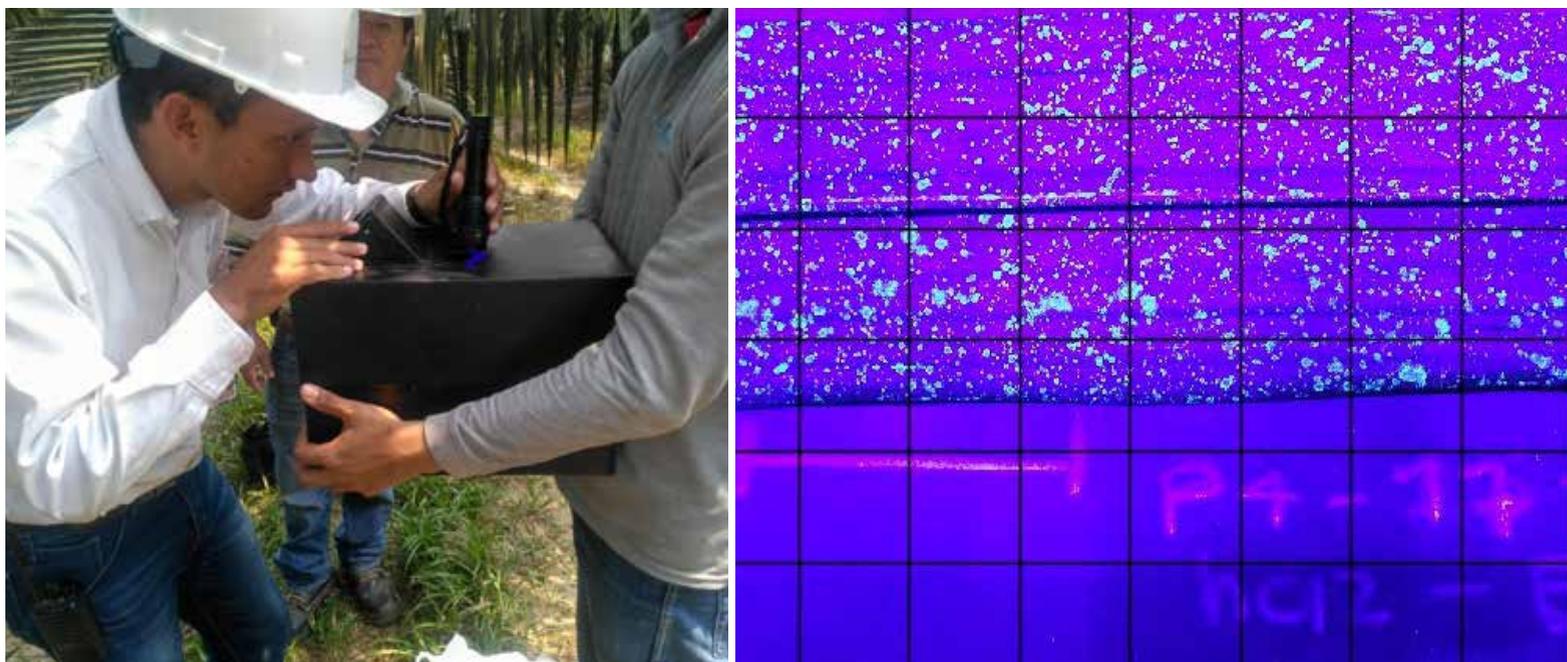
**Nota:** posterior a la aspersion los foliolos deben ser analizados en un periodo máximo de 4 horas.



**Figura 20.** Embalaje de foliolos en bolsas negras.

**4.3.4. Análisis** de los foliolos recolectados en campo: Para evaluar la calidad de la aplicación se recomienda emplear las estrategias de comparación y ocular, que fueron descritas en la Unidad III. La diferencia radica en que, para que se puedan identificar claramente los depósitos de la aspersión, la fracción del foliolo debe ser iluminada con luz ultravioleta (UV), también llamada luz negra, en un espacio oscuro (cuarto, cajón o cámara), como se muestra en la Figura 21.

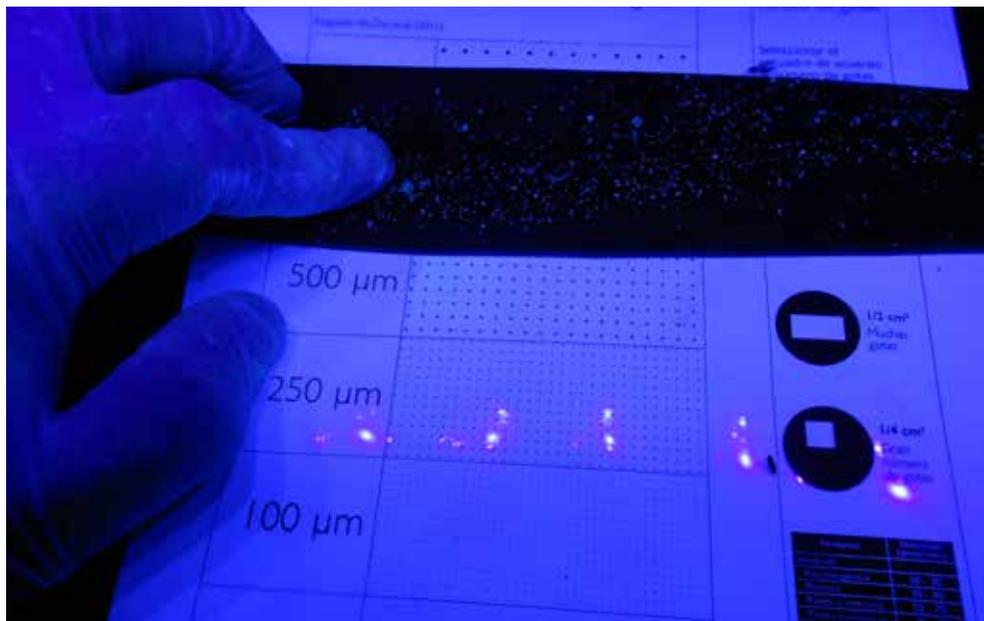
A continuación se explican la aplicación de las estrategias de comparación y ocular con el uso de trazadores fluorescentes:



**Figura 21.** a: Visualización, en campo con caja oscura, de foliolos asperjados con mezcla de producto y trazador fluorescente. b: Revelado de foliolo al contacto con la luz UV.

## i. Estrategia de comparación mediante la utilización de escalas de referencia

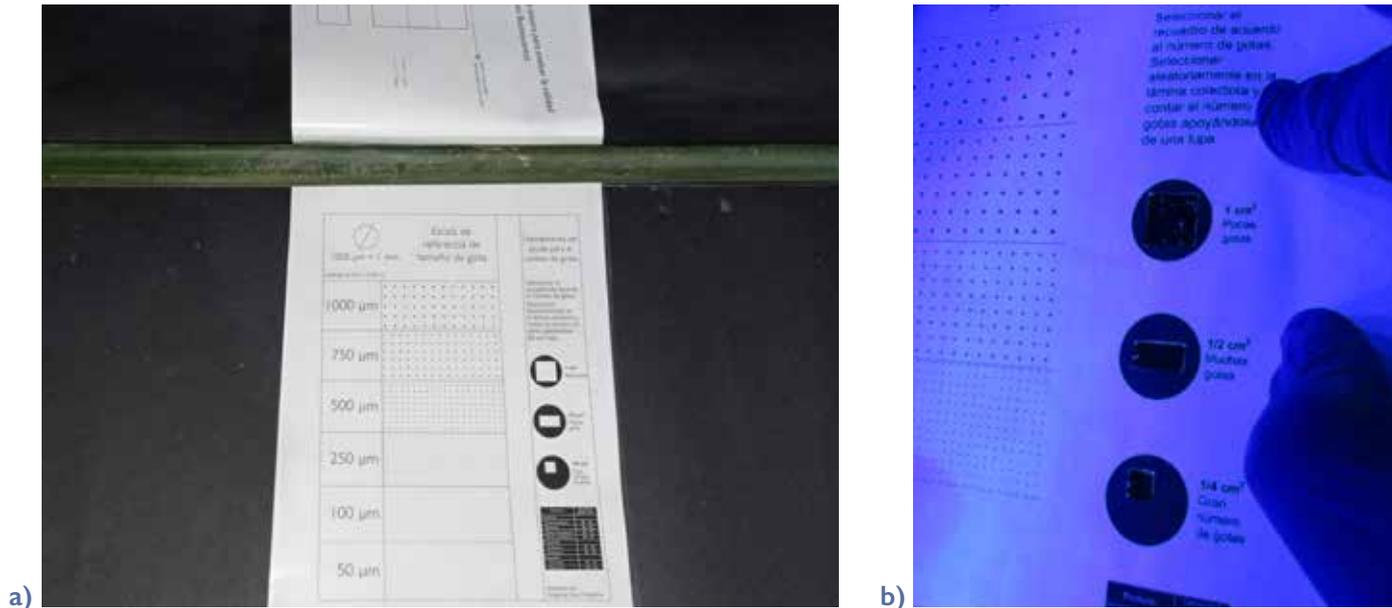
Con este fin, y utilizando el Anexo 1, se procede a realizar una comparativa visual entre los resultados obtenidos en campo y las imágenes de referencia que se presentan en esta cartilla, hasta encontrar la escala de referencia que más se ajuste a las láminas o recuadros recolectados en campo (Figura 22). Por ningún motivo se deben modificar o rayar estas impresiones, ya que son imágenes a escala que se emplean, igualmente, como punto de referencia del diámetro de la mediana volumétrica, VDM, de partículas generadas en aspersiones.



**Figura 22.** Estrategia de comparación mediante la utilización de escalas de referencia en cuarto oscuro iluminado con luz UV.

## ii. Estrategia de análisis ocular mediante la utilización de lupa y un recuadro perforado

Después de la colecta de los indicadores de humedad en campo, y valiéndose del Anexo 2 (acetato) y de una lupa, se procede a superponer este material sobre la muestra a ser evaluada. A continuación, con la ayuda de la lupa, se hace el conteo del número de gotas encontradas dentro de la cuadrícula de  $1 \text{ cm}^2$  (Figura 23).



**Figura 23.** Estrategia de análisis ocular mediante la utilización de lupa y un recuadro perforado en cuarto oscuro, iluminado con luz UV. a: Montaje en cuarto oscuro con lámpara de luz UV. b: Uso del Anexo 2 (acetato) como apoyo en la cuantificación de las gotas.

## 4.4. Aprendamos haciendo: evaluación de la calidad de la aplicación mediante el uso de trazadores fluorescentes utilizando las estrategias de comparación y ocular

### 4.4.1. Objetivo

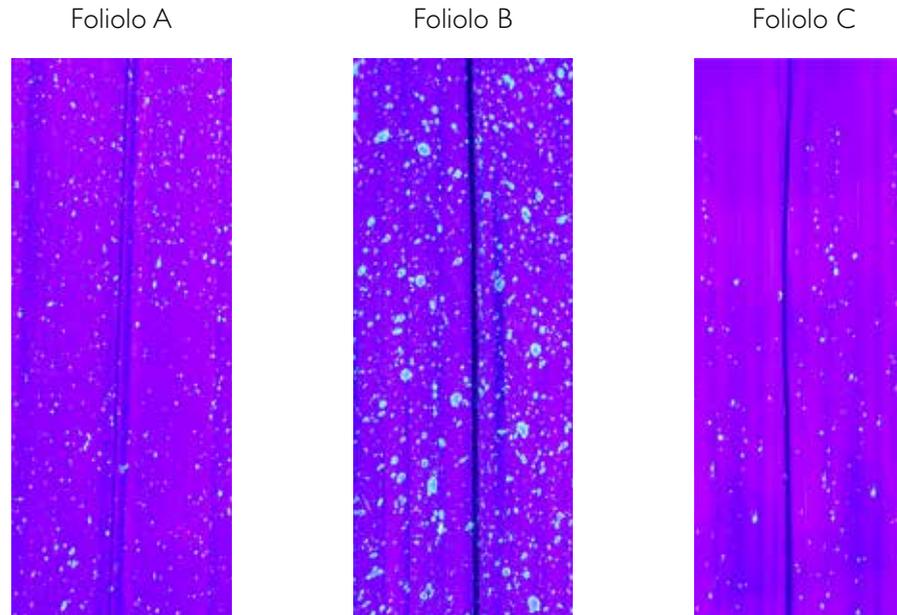
Determinar la calidad de la aspersion estimando los parámetros de tamaño y densidad de las gotas, mediante las estrategias de comparación y ocular con la metodología de trazadores fluorescentes.

### 4.4.2. Materiales necesarios

- Foliolos asperjados
- Caja o cuarto oscuro
- Linterna o lámpara de luz UV
- Hoja de papel y lápiz, para tomar apuntes
- Calculadora o un computador con *software* que permita hacer los cálculos
- Anexo 1 impreso y Anexo 2 en acetato

### 4.4.3. Evaluación de la calidad de la aplicación mediante la estrategia de comparación

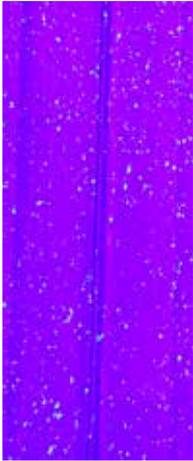
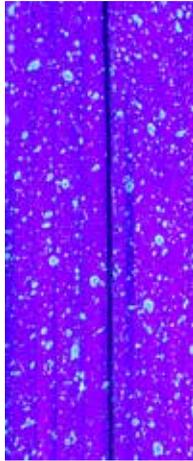
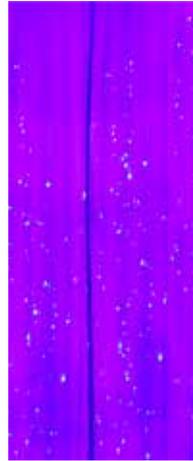
Después de una aplicación de mezcla con trazador fluorescente al 1 % mediante un equipo pulverizador (o de aspersión), se desea evaluar la calidad de dicha aplicación. Para este ejemplo se muestran las fotografías de tres de los folíolos que estuvieron expuestos a la aplicación (Figura 24). Las imágenes fueron tomadas en un cuarto oscuro iluminado con luz UV. Determine la calidad de la aplicación mediante la estrategia de comparación de los tres folíolos de acuerdo con la información desarrollada como referencia en el Anexo 1.



**Figura 24.** Ejemplo de aplicación de la estrategia de comparación visual para determinar el patrón de aspersión mediante el uso de trazadores fluorescentes.

Para determinar los parámetros de la calidad de la aplicación de cada uno de los foliolo tomando como referencia el Anexo 1, siga el siguiente procedimiento:

- i. Compare cada foliolo con la escala de referencia del Anexo 1 y seleccione el patrón de aspersion que, según su criterio, mejor se ajuste al patrón de la aplicación (proceda como se muestra en la Figura 22).
- ii. Ubique la imagen de referencia seleccionada al lado del foliolo, como se muestra a continuación:

Comparación del foliolo A		Comparación del foliolo B		Comparación del foliolo C	
Foliolo A	DMV: 228 $\mu\text{m}$ 77 gotas/cm <sup>2</sup>	Foliolo B	DMV: 535 $\mu\text{m}$ 109 gotas/cm <sup>2</sup>	Foliolo C	DMV: 338 $\mu\text{m}$ 24 gotas/cm <sup>2</sup>
					

- iii. Determine el DMV y la densidad de gotas leyendo el encabezado de la imagen de referencia. Mediante el método de comparación se establece para el foliolo A un DMV de 228  $\mu\text{m}$  y una densidad de gotas de 77 gotas/ $\text{cm}^2$ ; para el foliolo B, un DMV de 535  $\mu\text{m}$  y una densidad de gotas de 109 gotas/ $\text{cm}^2$ , y para el foliolo C, un DMV de 338  $\mu\text{m}$  y una densidad de gotas de 24 gotas/ $\text{cm}^2$ .

#### 4.4.4. Evaluación de la calidad de la aplicación mediante la estrategia ocular

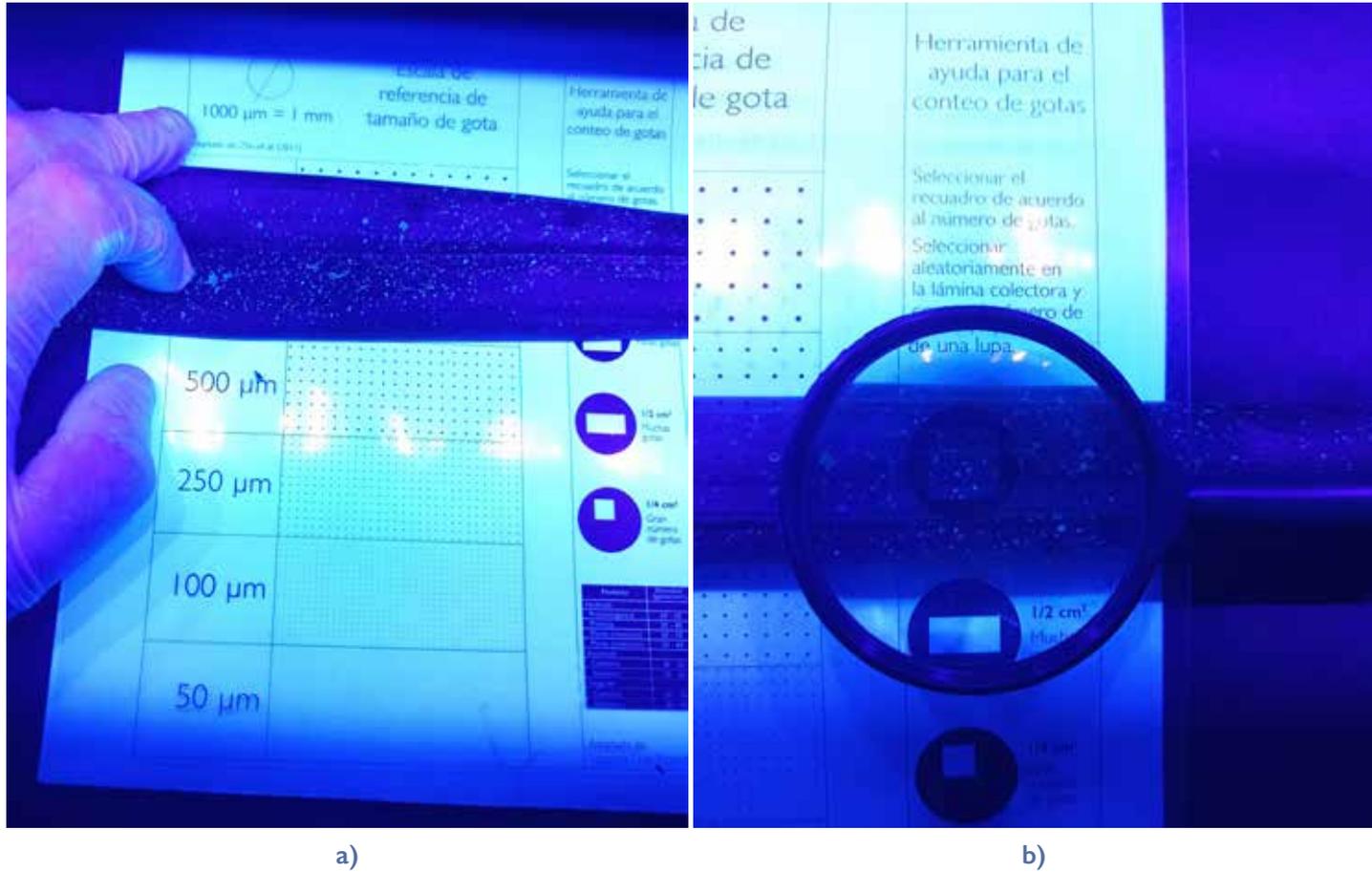
Para evaluar la calidad de la aplicación mediante la estrategia ocular, realice el siguiente procedimiento:

- i. En un cuarto o caja oscura, ilumine el foliolo con la lámpara o linterna de luz UV.
- ii. Determine el tamaño de la gota tomando como base la escala de referencia del Anexo 2 (acetato) (Figura 25a).

Para los ejemplos que se vienen trabajando, se identificó con base en la escala de referencia del Anexo 2, un tamaño aproximado entre 500  $\mu\text{m}$  - 750  $\mu\text{m}$ , es decir, un tamaño de gota clasificado como extremadamente gruesa, según la Tabla 2.

- iii. Con la ayuda de la lupa y sobreponiendo el recuadro perforado al foliolo, haga el conteo de las gotas que estén en el recuadro (Figura 25b).

La Figura 25b muestra que en el recuadro de 1  $\text{cm}^2$  se identifican 32 gotas, por lo que puede definirse una densidad de 32 gotas/ $\text{cm}^2$ . Como se mencionó antes, este proceso debe repetirse dos veces más en diferentes partes del foliolo, seleccionadas de manera aleatoria y, finalmente, estime el valor promedio para el foliolo.



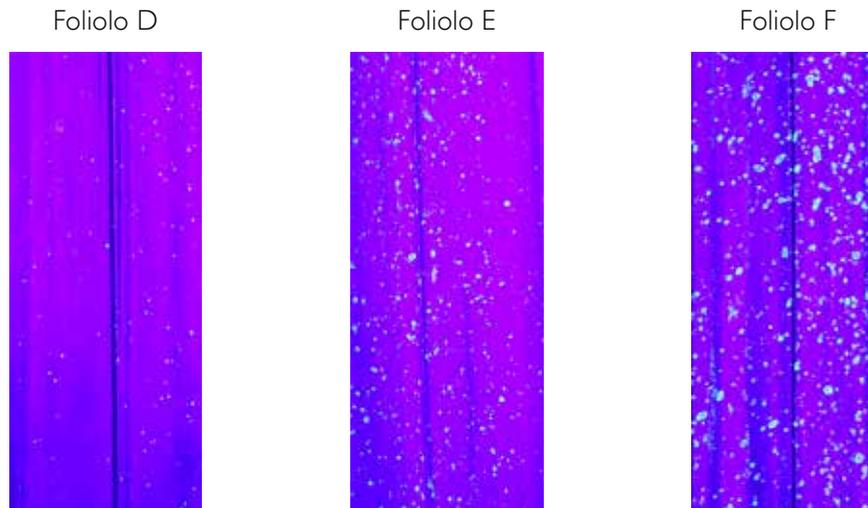
**Figura 25.** Ejemplo de aplicación de la estrategia ocular con trazadores fluorescentes en un cuarto oscuro iluminado con luz UV con apoyo en el Anexo 2 (acetato) y el uso de una lupa. a: determinación de tamaño de gotas, b: determinación de densidad de gotas

## 4.5. Actividad n.º 4

### Evaluación de la calidad de la aplicación mediante la estrategia de comparación

Tomando como insumo el Anexo 1 y los foliolo que se muestran a continuación, determine lo siguiente:

1. La densidad de gotas y el DMV. Tenga en cuenta que la Figura 26 está escalada con las mismas dimensiones que el Anexo 1.
2. Con base en los resultados obtenidos en el punto anterior, indique si la aplicación realizada es buena, regular o mala, y justifique su respuesta.



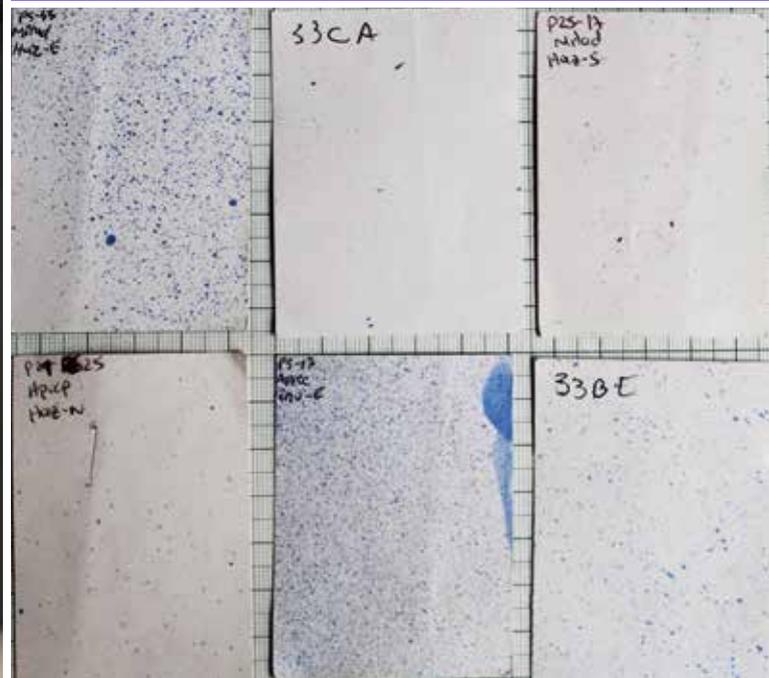
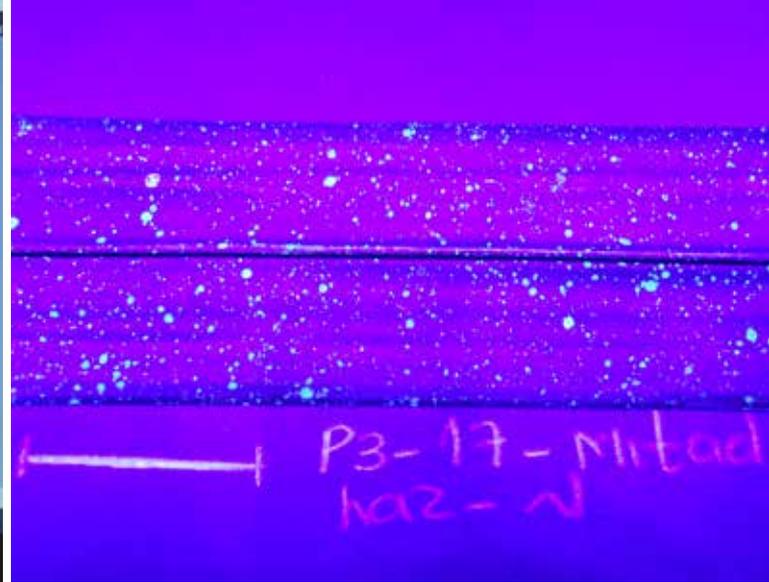
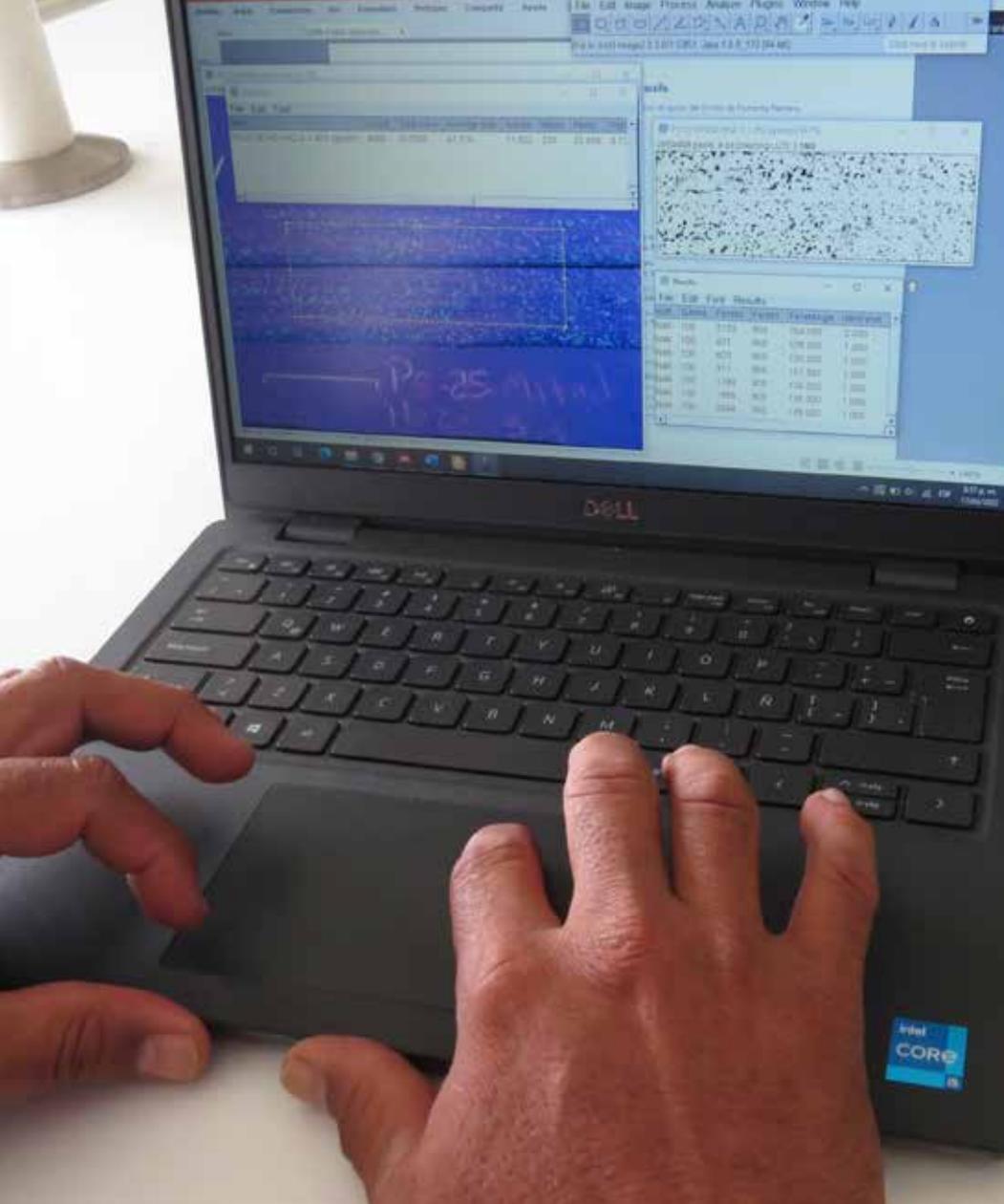
**Figura 26.** Ejercicio de aplicación de la estrategia de comparación para determinar el patrón de aspersión mediante el uso de trazadores fluorescentes. Las dimensiones de los foliolo son las mismas de las láminas de referencia del Anexo 1 (6 cm x 2.5 cm).





## UNIDAD V

Estimación de parámetros para evaluar la calidad de las aspersiones mediante procesamiento de imágenes



## 5.1. Definición

Una de las metodologías que ayuda a estimar de una manera precisa los parámetros para evaluar la calidad de una aplicación es el procesamiento de imágenes asistido por computador. Existen diferentes *software* para el procesamiento de imágenes, tanto pagos como libres. Para el caso de la metodología explicada en esta unidad se usará el *software* libre ImageJ, disponible para su descarga en el siguiente enlace: <https://imagej.net/software/fiji/downloads>

ImageJ es un programa de procesamiento de imágenes digitales de dominio público. Con este *software* es posible visualizar, editar, analizar, procesar, guardar e imprimir imágenes de diversos formatos y tamaños. También se pueden medir distancias, ángulos y áreas, y posibilita ajustes a las imágenes para mejorar el contraste, la nitidez, el suavizado y el filtrado, entre otras funciones. Una característica a la que se le debe prestar atención tiene que ver con el idioma en el que se presenta este *software*, que, por ser diferente al castellano, podría originarle inconvenientes en el momento de seleccionar las funciones o tareas.



Escanee este código QR con su celular y descargue el software ImageJ

## 5.2. Metodología

Para efectuar el procesamiento de imágenes, posterior a la pulverización o aspersion, se seguirá la estrategia metodológica MADI (montaje, análisis, determinación e informe).

### 5.2.1. Montaje y toma de fotografías

Tomando como base las metodologías reportadas y empleadas por Olivet (2009) y Sesquile (2014), adicionalmente de los trabajos que han venido adelantando investigadores de Cenipalma, se recomienda el siguiente montaje para las tomas fotográficas de los foliolos:

- Las fotografías se deben tomar en un cuarto oscuro, adecuado para tal fin, con una cámara que tenga la suficiente capacidad de registrar los depósitos del trazador fluorescente. En las evaluaciones realizadas por Cenipalma, se ha usado la cámara Nikon® Coolpix S3100, la cual se fija sobre un trípode y se ubica perpendicularmente sobre las hojas, con 8 cm de espaciamento y enfoque automático, modo macro, 14 megapíxeles, sin flash, sin zoom y en formato JPG (Figura 27).

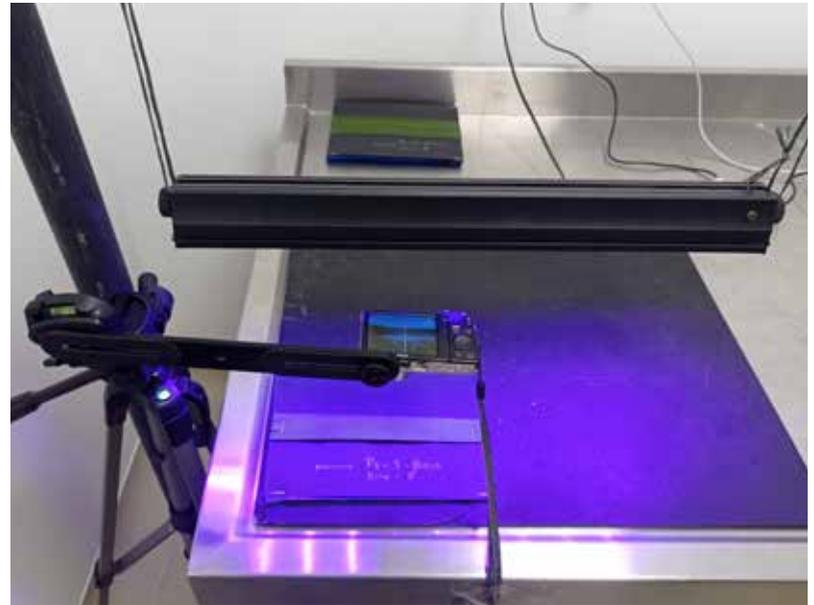


Figura 27. Esquema del montaje fotográfico.

- Se utiliza un fondo negro mate (de papel cartón) para resaltar el color de los depósitos en la hoja, de tal manera que se empleen dos fuentes de luz UV (una principal y otra de apoyo), con el fin de eliminar sombras y aumentar el contraste de la imagen. La fuente de luz es una lámpara de luz UV con leds de 3 vatios, puestas a 22 cm de altura sobre los folíolos.
- Para la toma de la fotografía y su posterior procesamiento, el foliolo se puede ubicar sobre un marco soporte elaborado con cartulina negra mate, que evita brillos en la fotografía. Sobre la cartulina se puede indicar la procedencia del foliolo e igualmente se dibuja la escala de referencia (Figura 28), necesaria en el momento de procesar la imagen mediante el *software* ImageJ. La escala de referencia corresponde a una línea con dimensiones conocidas que posteriormente servirá para el dimensionamiento de la imagen.



**Figura 28.** Marco soporte del foliolo para la captura de la fotografía con marcación y escala visual de referencia.

Cabe aclarar que la toma de fotografías puede realizarse con otro tipo de cámaras, al recomendado en los párrafos anteriores; sin embargo, es aconsejable que la cámara escogida tenga una resolución mínima de 12 megapíxeles y, en función de esta, se podrán ajustar la altura del trípode, la lámpara y los parámetros de configuración, de tal forma que la fotografía quede nítida y se pueda generar contraste con los depósitos fluorescentes sobre el foliolo.

## 5.2.2. Análisis de la imagen

Para analizar las imágenes, en esta guía se usará el programa ImageJ, el cual viene en el paquete de Fiji 1.46. El proceso para el análisis de las imágenes se describe a continuación:

- **Escalamiento de la imagen:** Utilizando la escala de referencia visual en el marco soporte del foliolo, se dibuja la línea recta con el comando “Straight” (Figura 29), y con el comando “Set Scale” se escala la imagen, digitando el valor de la longitud conocida de la línea recta (escala de referencia), que está dibujada en la cartulina, lo mismo que sus unidades (Figura 30).

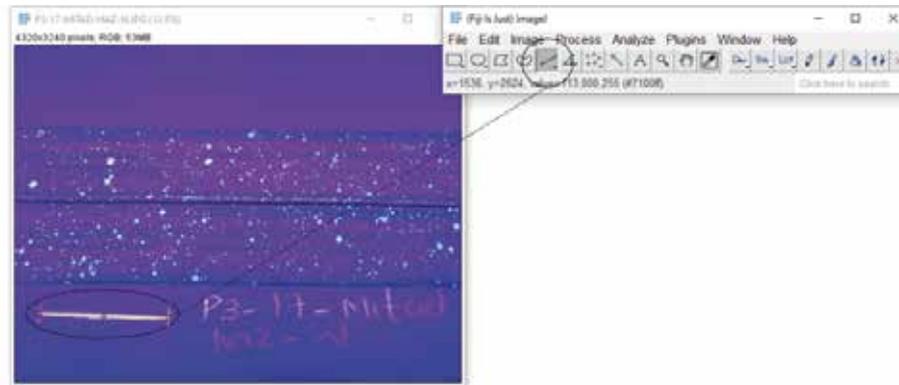


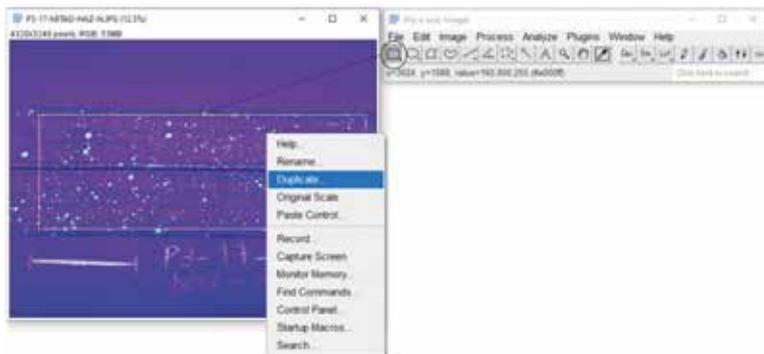
Figura 29. Dibujo de escala de referencia con el comando “Straight”.



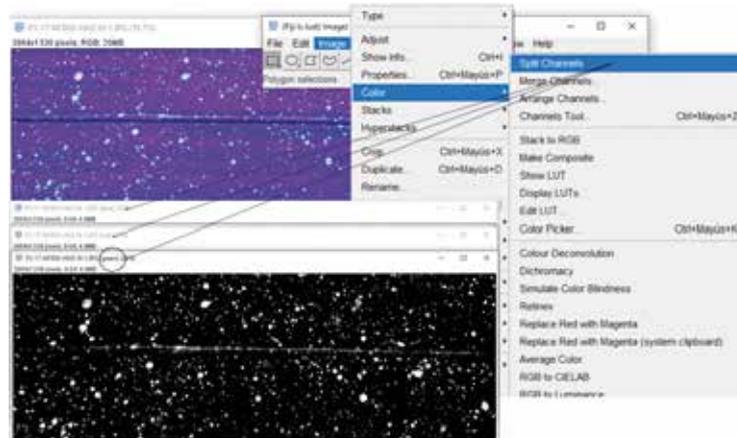
**Figura 30.** Escalamiento de la imagen con el comando “Set Scale”. En la casilla “Know distance” se indica la longitud de la escala de referencia trabajada, y en la casilla “Unit of length”, la unidad trabajada.

- **Edición de las imágenes:** Con los comandos “Rectangle” u “Oval” se selecciona la porción del foliolo a analizar evitando los bordes (Figura 31). Para efectuar esta operación, se deben excluir las manchas o imperfecciones de la fotografía que no permitan un análisis objetivo.

La porción de área seleccionada se extrae y se pone en una nueva ventana (Figura 31) y, con el comando “Split channel”, se segmenta la imagen en las bandas de color rojo, verde y azul de 8 bits (Figura 32). Esto se hace con el fin de obtener una imagen que tenga el mayor contraste posible entre el fondo y los depósitos secos. En relación con este procedimiento, generalmente, la imagen de componentes verdes otorga el mejor contraste.

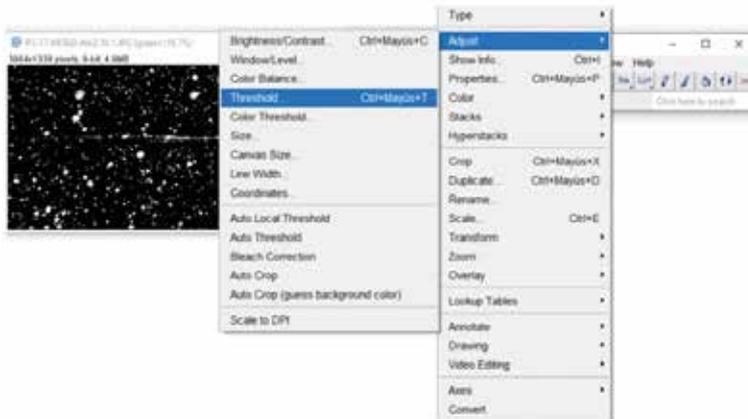


**Figura 31.** Extracción del área seleccionada a la cual se le hará el análisis mediante los comandos "Rectangle", para dibujar; y "Duplicate", para extraer.

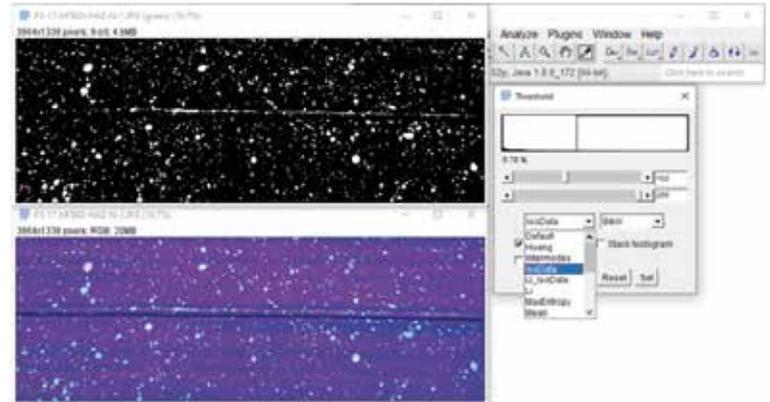


**Figura 32.** Segmentación de la imagen en las bandas de color rojo, verde y azul, de 8 bits, mediante el comando "Split Channels", de la cual, generalmente, la imagen de la banda verde (green) presenta mejor contraste.

Con el comando "Threshold" (Figura 33) se umbraliza la imagen para transformarla en un esquema en blanco y negro, con lo que se genera una imagen binaria. Ahora, se debe establecer un umbral para la escala de grises presentes en la imagen. Con esta operación se convierten en blanco todos los píxeles con valores de grises mayores al umbral y en negro todos los píxeles con valores de grises menores al umbral. Generalmente, el método "IsoData" es el que mejor caracteriza los depósitos, como recomienda Sesquile (2014); sin embargo, el *software* tiene 16 algoritmos adicionales para efectuar la umbralización de la imagen. Esto hace que el sistema seleccione aquel que mejor se ajuste a las condiciones normales (Figura 34). Otra opción funcional consiste en establecer el umbral manualmente.



**Figura 33.** Umbralización de la imagen para separar los depósitos del fondo de la imagen mediante el comando "Threshold".



**Figura 34.** Selección del algoritmo de ajuste manual del umbral de binarización de la imagen.

### 5.2.3. Determinación de los parámetros de evaluación de la calidad de la aplicación

Con el comando "Analyze Particles" (Figura 36) se determinan para cada partícula los diámetros representativos, el diámetro de Feret, el área, el perímetro, el porcentaje de cubrimiento y la cantidad de gotas/cm<sup>2</sup>. Previamente se deben configurar los parámetros de medición con el comando "Set Measurements" (Figura 35).

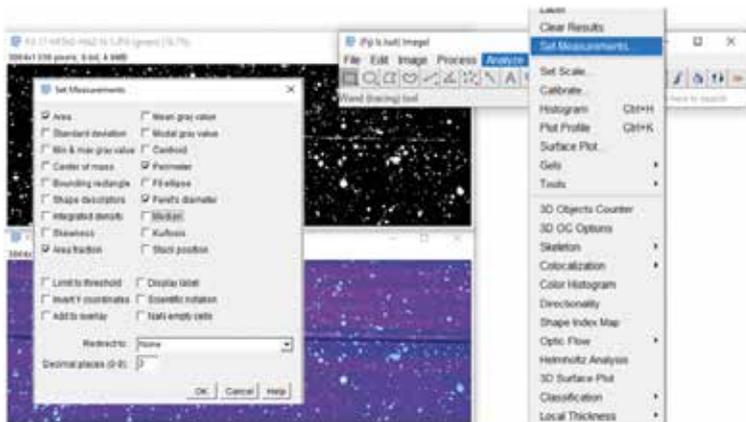


Figura 35. Configuración de los parámetros de medición.

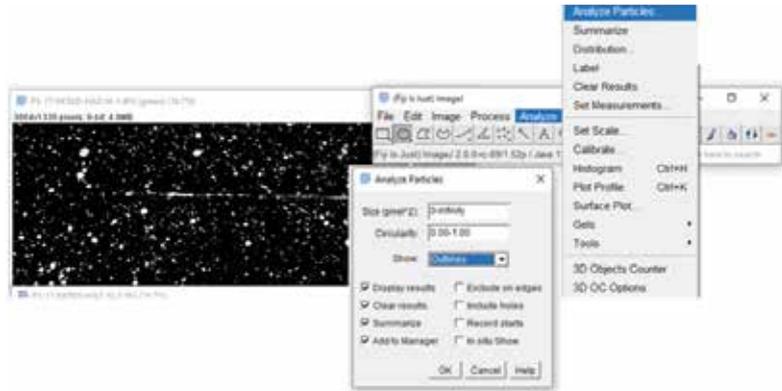


Figura 36. Estimación de los parámetros de evaluación de la aplicación mediante el comando "Analyze Particles".

El software arroja varios resultados, entre los que se tiene una tabla con el resumen de los parámetros medidos (Figura 37A), el consolidado de las medidas hechas a cada una de las partículas (Figura 37B) y una imagen con la identificación de las partículas analizadas y su correspondiente identificación (Figura 37C).

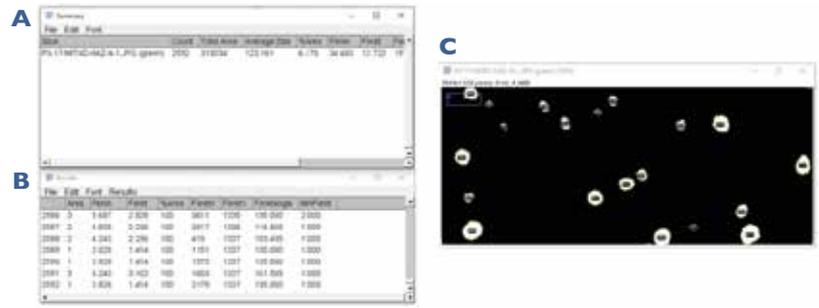


Figura 37. Ejemplo de los resultados arrojados, producto del análisis de partículas.

## 5.2.4. Informe de resultados de los parámetros de la calidad de la aplicación

Las matrices del consolidado de las medidas realizadas a cada una de las manchas o gotas que se muestran en la Figura 37B pueden llevarse a una hoja de cálculo (por ejemplo, Excel), para estimar los diámetros característicos, la densidad de las gotas y el porcentaje de área cubierta, como se explicó en la Unidad 11.

## 5.3. Aprendamos haciendo: estimación de los parámetros para evaluar la calidad de la aplicación mediante procesamiento de imágenes

### 5.3.1. Objetivo

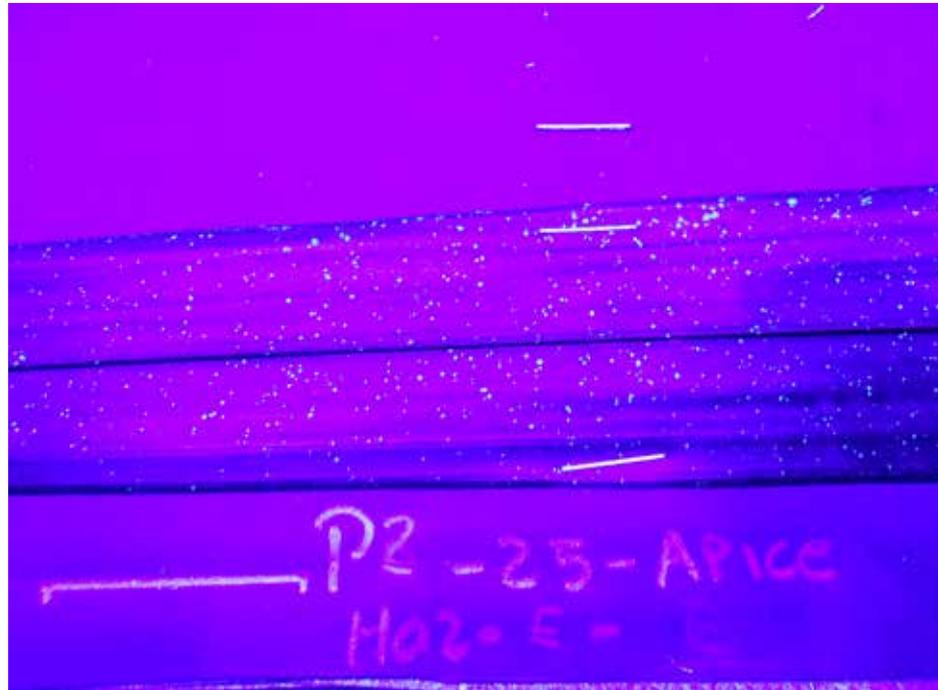
Determinar la calidad de la aspersión estimando los parámetros de tamaño, densidad de las gotas y porcentaje de área cubierta mediante procesamiento fotográfico con el empleo del *software* ImageJ.

### 5.3.2. Materiales necesarios

- Fotografías de los folíolos producto de la aplicación
- Computador
- *Software* ImageJ
- *Software* de procesamiento de datos (Excel o cualquier otro)

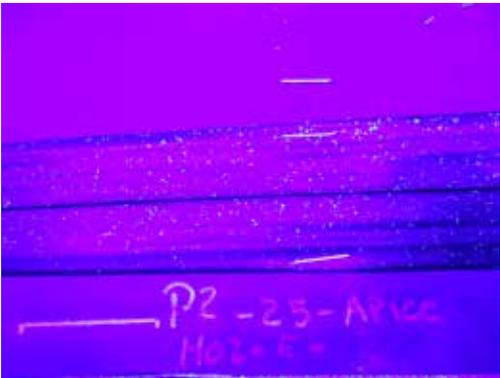
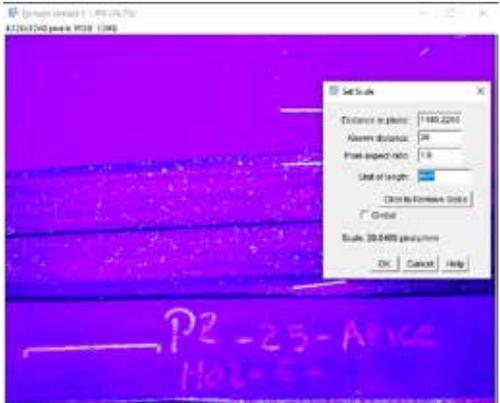
### 5.3.3. Evaluación de la calidad de la aplicación mediante procesamiento fotográfico

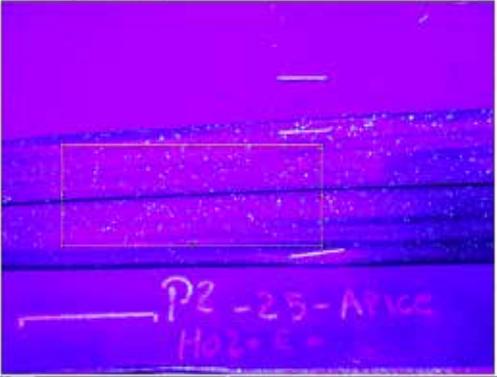
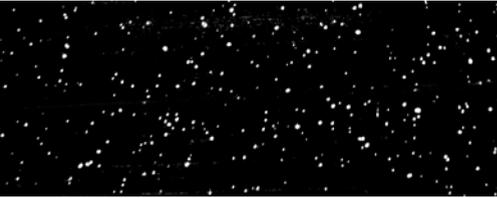
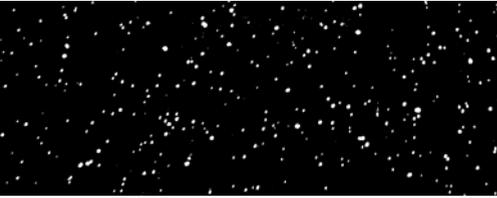
A partir de la imagen que se muestra a continuación, se determinarán los parámetros de la calidad de la aplicación. Para esto, en la secuencia se muestra un resumen de las funciones y tareas para llevar a cabo el procesamiento de la fotografía. La longitud de la línea de referencia es de 3 cm.

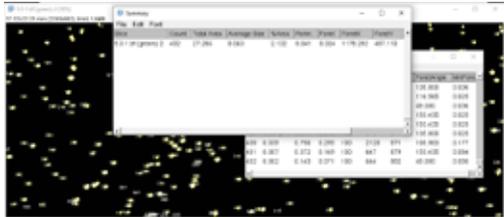
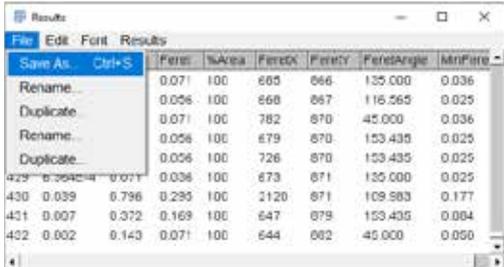


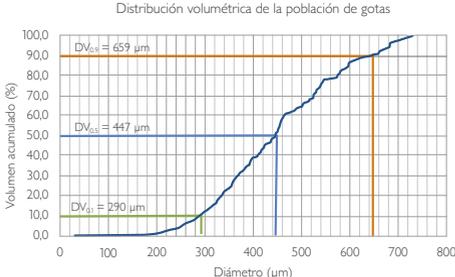
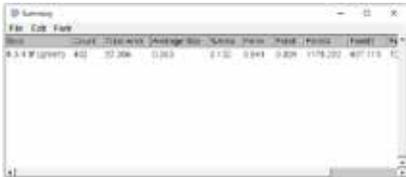
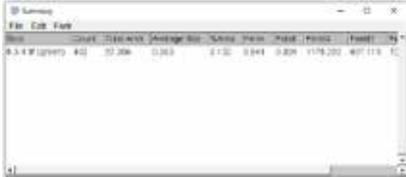
**Figura 38.** Fotografía para presentar el ejemplo del procedimiento de evaluación de la calidad de la aplicación mediante procesamiento fotográfico.

Tabla 7. Ejemplo de procedimiento de evaluación de la calidad de la aspersión mediante procesamiento fotográfico

Paso	Proceso	Ruta de comando	Imagen resultado
M	1. Cargar imagen	File>Open	
A	2. Escalar imagen	Straight (Figura 31) Analyze>Set Scale (Figura 32)	

Paso	Proceso	Ruta de comando	Imagen resultado
A	3. Extracción	Seleccionar área para analizar>Clic derecho sobre imagen>Duplicar (Figura 33)	
	4. Separar canales	Image>Color>Split Channels (Figura 34)	
	5. Umbralizar imagen	Image>Adjust>Threshold (Figura 35)	

Paso	Proceso	Ruta de comando	Imagen resultado
D	6. Configurar parámetros de medición	Analyze>Set Measurements (Figura 37)	
	7. Estimar los parámetros de la aplicación	Analyze>Analyze Particles (Figura 38)	
I	8. Exportar datos a Excel	File>Save as	

Paso	Proceso	Ruta de comando	Imagen resultado
	9. Informe de resultados		
I	9.1. Diámetros característicos	Tomando los datos del archivo "Results" y siguiendo el procedimiento presentado en la Unidad II	<p>Distribución volumétrica de la población de gotas</p> 
	9.2. Densidad de las gotas	Siguiendo el procedimiento presentado en la Unidad II y tomando los valores del archivo "Summary"	 $\text{Densidad de gotas} = \frac{\text{Número de gotas}}{\text{Área}} = \frac{432 \text{ gotas}}{\frac{27.250 \text{ mm}^2 \times 100\%}{2.112\%} \times \frac{1 \text{ cm}^2}{100 \text{ mm}^2}} = 33.75 \frac{\text{gotas}}{\text{cm}^2}$
	9.3. Porcentaje de área cubierta	En el archivo "Summary" se muestra el porcentaje de área cubierta	

Como apoyo a la Unidad V, vea el procedimiento descrito anteriormente en este video: <https://bit.ly/3QMMIdO>



## 5.4. Actividad n.º 5

### Evaluación de la calidad de la aplicación mediante el procesamiento de imágenes asistido por computador

Tomando como base la imagen que se muestra a continuación y el procedimiento explicado en la Unidad V, determine los parámetros para evaluar la calidad de la aplicación. Haga un análisis del procedimiento e interprete los resultados señalando si la aplicación es buena, regular o mala.

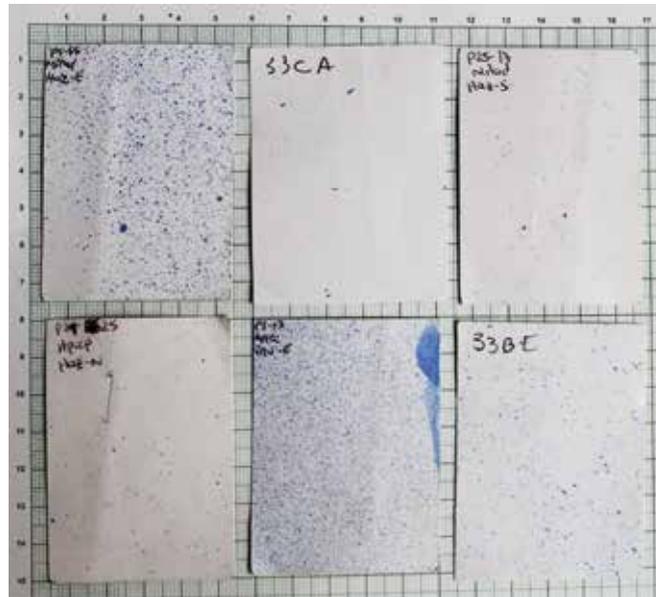


Figura 39. Láminas escaneadas para el ejercicio de aplicación del procesamiento de imágenes por computador.

# Consideraciones y recomendaciones

- Esta cartilla se considera una herramienta complementaria que sirve de apoyo al personal técnico y a los tomadores de decisiones en las plantaciones para la planificación, verificación y evaluación de las aspersiones.
- Para una correcta tecnología de aplicación, se recomienda junto con la evaluación de la calidad de la aspersión, calibrar los equipos de pulverización, lo cual se convierte en un proceso iterativo hasta alcanzar los resultados deseados de densidad, tamaño de las gotas, porcentaje de área cubierta y dosis aplicada.
- Usualmente, la etiqueta de los productos es la primera referencia de orientación en el manejo de los agroquímicos formulados; por lo general, en esta se describen los requisitos para el uso de elementos de protección personal (EPP), tanto en la manipulación como para preparar la concentración del producto por aplicar. La selección cuidadosa, el uso y el mantenimiento del EPP son esenciales para asegurar que el usuario está adecuadamente protegido.
- Por lo general, cuando una gota pulverizada hace contacto con una superficie, esta registra una mancha más grande que el área proyectada por esa misma gota, por lo cual, se hace necesario corregir el dato registrado a partir de un parámetro denominado el factor de expansión. Este es asumido con un valor de 1, de acuerdo con lo que reporta Villalba (2008).
- Los foliolos o los colectores de humedad no deben ser recolectados de la palma cuando están húmedos, a los 15 minutos de realizada la aspersión los depósitos sobre el foliolo se han secado.

# Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por el apoyo para la realización de esta publicación. También, a Ruth Eunice Salazar Ramírez, Edilberto López Gualdrón, Yeiner Acosta, José Luis Pastrana, Rosa Aldana y Nubia Rairán por sus valiosos aportes durante el proceso de validación en campo del contenido de esta publicación. Asimismo, a Anderson Parada Quiñones, Brillit Gañán Galvis, Carlos Chinchilla, Didier Alfonso, Edgar Rodríguez, Enisberto Peña, Erick Jair Briceño Urrego, Gustavo Adolfo Rosero Estupiñán, Hemerson Rodríguez Correa, Heyder Rojas, Jimena Marivel Ortega Estrada, José Ricardo Toca Garzón, Leidy Constanza Montiel Ortiz, Lilia Beatriz Mipaz Ortega, Lilian Romero, Luis Alberto Lemus Urrego, Luis Carlos Gutiérrez, Martha Lya Hernández, Mitchel Hernández Ardila, Nestor Pedraza, Orlando González Cortés; y a las empresas palmeras Aceites S.A., Guaicaramo S.A.S., Luker Agrícola S.A.S., Oleaginosas San Marcos S.A., Palmaceite S.A., Bellacruz del Llano S.A.S., Palmeras del Llano S.A. y Unipalma de los Llanos S.A.

# Referencias

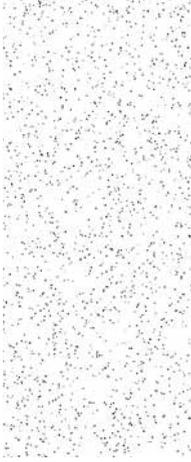
- Asabe. (2009). ASABE S572.1 Droplet size classification. *American Society of Agricultural and Biological Engineers (Asabe)*.
- Bustillo, Á. E. (2008). El manejo integrado de los cultivos en relación con el control de plagas. En Á. E. Bustillo (ed.), *Los insectos y su manejo en la cultura colombiana* (pp. 93-282). Cenicafé.
- Castillo del, N. (2012). *Comparación de diferentes equipos de pulverización en cultivo de tomate bajo plástico*. Universidad de Almería.
- Chapple, A. C., Downer, R. A., & Bateman, R. P. (2007). Theory and practice of microbial insecticide application. In L. A. Lacey & H. K. Kaya (Eds.), *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology* (Second Ed.). Springer.
- Fernández, M., López, M. I., Serrano, N., Ortiz, F., Alfonso, J. M., López, J., Martín, R. A. y Yruela, M. del C. (2020). *Aplicación de productos fitosanitarios. Nivel cualificado*. Junta de Andalucía; Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible; Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- Gonçalves, M., Grigoli, J., Saab, A., Do, A. E., Ecker, A., & De Oliveira, G. (2016). Description of the application method in technical and scientific work on insecticides. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, 38(1), 9-17. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i1.25170>
- Hipkins, P., & Grisso, R. (2014). *Droplet Chart / Selection Guide*.
- Montes, L., Vélez, J. y Bustillo, A. E. (2020). *Calibración de equipos de aspersion en el cultivo de palma de aceite*. Cenipalma.
- Montoya, D. F. y Villalba, D. A. (2013). Evaluación física de las aplicaciones con diferentes equipos de aspersion para el manejo de la broca. *Cenicafé*, 64(2), 48-58.
- Olivet, J. J. (2009). *Optimización de los tratamientos fitosanitarios en cultivos de invernadero en Uruguay*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Sesquile, J. (2014). *Evaluación de la calidad de aplicación de plaguicidas en un cultivo de espinaca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Teixeira, M. M. (2010). Estudio de la población de gotas de pulverización. En Área de Comunicaciones del INTA Alto Valle (ed.), *Tecnología de aplicación de agroquímicos* (pp. 67-76). INTA.
- Villalba, D. A. (2008). Tecnología de aplicación y equipos de aspersion de agroquímicos. En Á. E. Bustillo (ed.). *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana* (pp. 201-225). Cenicafé.

# Anexos

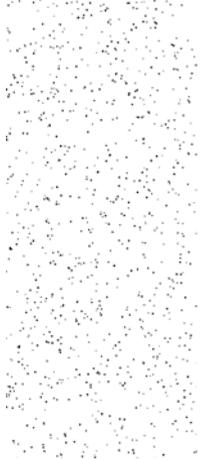
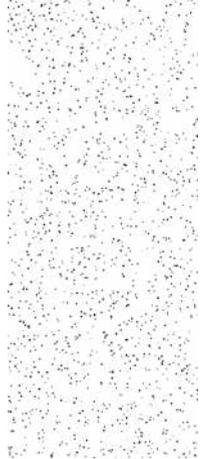
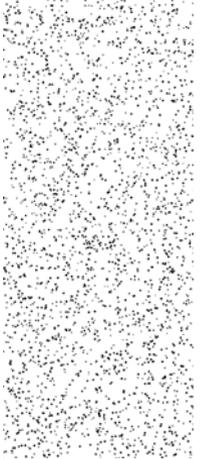
## Anexo 1. Escala de referencia de las gotas

Para usar las imágenes a continuación, imprima las páginas en tamaño carta sin modificar la dimensión, ya que las imágenes se encuentran a escala, de tal forma que sirvan para hacer comparaciones o como referencia para la estimación del diámetro de la mediana volumétrica DMV de las partículas generadas en las aspersiones foliares. Para verificar si las láminas están impresas en la escala correcta, se debe tener en cuenta que la longitud y el ancho de cada lámina es de 6 cm x 2.5 cm.

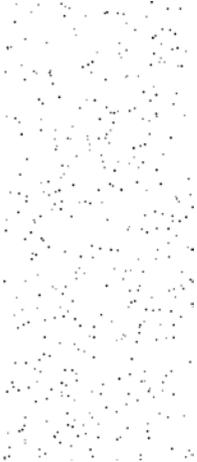
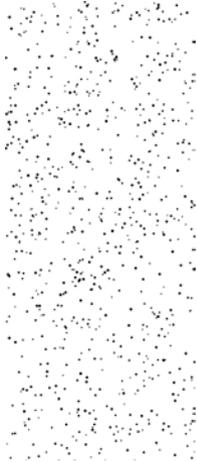
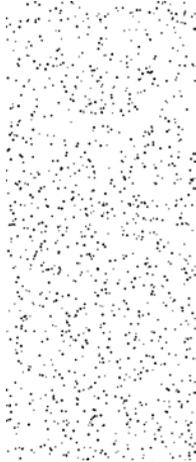
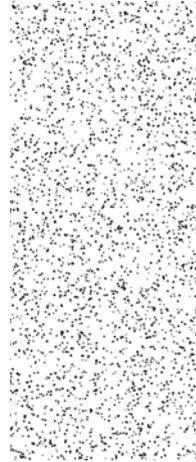
DMV: 80 $\mu\text{m}$ 13 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 89 $\mu\text{m}$ 37 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 55 $\mu\text{m}$ 60 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 100 $\mu\text{m}$ 100 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 100 $\mu\text{m}$ 150 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 100 $\mu\text{m}$ 200 gotas/cm <sup>2</sup>
					

DMV: 100 $\mu\text{m}$ 11 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 139 $\mu\text{m}$ 21 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 142 $\mu\text{m}$ 73 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 141 $\mu\text{m}$ 127 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 126 $\mu\text{m}$ 175 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 117 $\mu\text{m}$ 209 gotas/cm <sup>2</sup> 
---	---	---	---	--	--

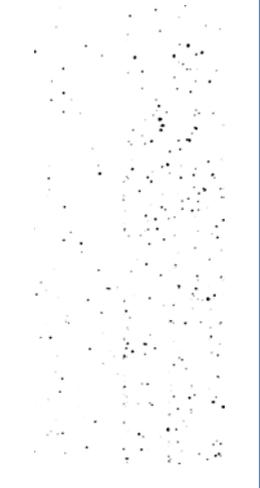
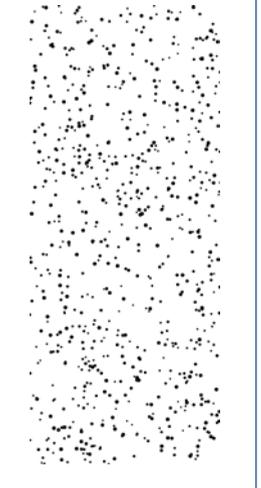
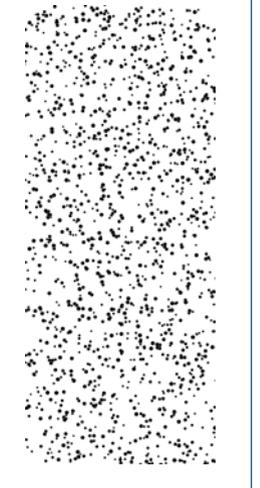
Continúa

DMV: 175 $\mu\text{m}$ 10 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 176 $\mu\text{m}$ 24 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 165 $\mu\text{m}$ 64 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 153 $\mu\text{m}$ 104 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 181 $\mu\text{m}$ 149 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 192 $\mu\text{m}$ 190 gotas/cm <sup>2</sup>
					

Continúa

DMV: 208 $\mu\text{m}$ 26 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 235 $\mu\text{m}$ 52 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 228 $\mu\text{m}$ 77 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 229 $\mu\text{m}$ 105 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 233 $\mu\text{m}$ 154 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 202 $\mu\text{m}$ 203 gotas/cm <sup>2</sup> 
---	---	---	---	--	--

Continúa

DMV: 337 $\mu\text{m}$ 14 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 338 $\mu\text{m}$ 24 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 350 $\mu\text{m}$ 35 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 350 $\mu\text{m}$ 50 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 350 $\mu\text{m}$ 70 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 366 $\mu\text{m}$ 96 gotas/cm <sup>2</sup> 
---	---	---	--	---	---

Continúa

DMV: 470 $\mu\text{m}$ 13 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 455 $\mu\text{m}$ 26 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 457 $\mu\text{m}$ 43 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 495 $\mu\text{m}$ 52 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 451 $\mu\text{m}$ 77 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 442 $\mu\text{m}$ 105 gotas/cm <sup>2</sup> 
---	---	---	--	---	--

Continúa

DMV: 550 $\mu\text{m}$ 10 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 546 $\mu\text{m}$ 32 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 552 $\mu\text{m}$ 54 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 554 $\mu\text{m}$ 80 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 535 $\mu\text{m}$ 109 gotas/cm <sup>2</sup> 	DMV: 570 $\mu\text{m}$ 120 gotas/cm <sup>2</sup> 
---	---	---	--	--	--

Continúa

DMV: 620 $\mu\text{m}$ 26 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 645 $\mu\text{m}$ 40 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 641 $\mu\text{m}$ 60 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 650 $\mu\text{m}$ 80 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 640 $\mu\text{m}$ 100 gotas/cm <sup>2</sup>	DMV: 640 $\mu\text{m}$ 110 gotas/cm <sup>2</sup>
					

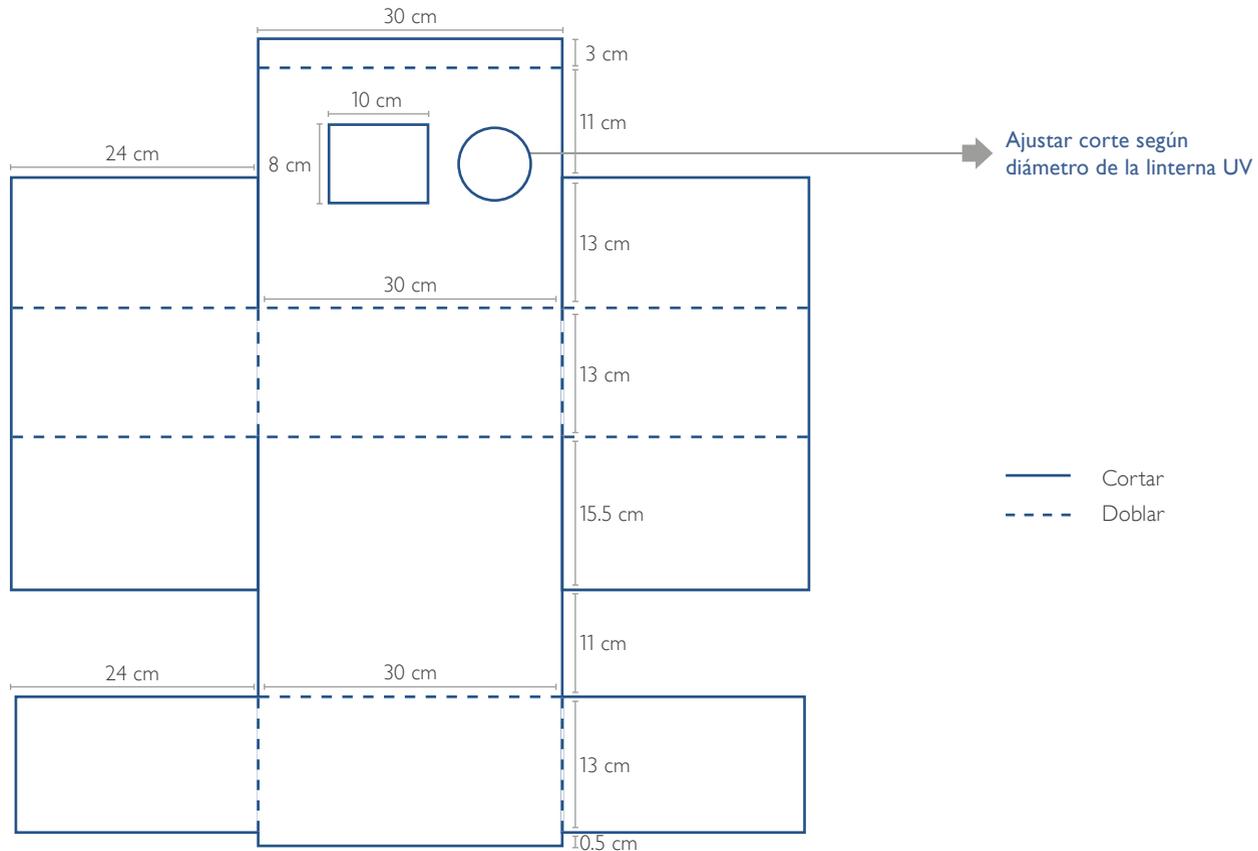
**Nota:** Las imágenes presentadas se seleccionaron de evaluaciones realizadas de la calidad de la aspersión en el cultivo de palma de aceite con equipos descritos en la Tabla 1. Para verificaciones de rutina en las plantaciones, se podrían generar los patrones de referencia propios tomando la información y los patrones generados de aplicaciones previas exitosas.

## Anexo 2. Escala de referencia de tamaño de las gotas y herramienta para el conteo de gotas

Se incluye en acetato, en tamaño real, para su fácil uso. No obstante, puede imprimir este esquema al 133 % para lograr el tamaño real.

Escala de referencia de tamaño de gota		<p>Herramienta de ayuda para el conteo de gotas</p> <p>Seleccione el recuadro de acuerdo al número de gotas. Seleccione aleatoriamente en la lámina colectorora y cuente el número de gotas con la ayuda de una lupa.</p> <p><b>1 cm<sup>2</sup></b> Pocas gotas</p> <p><b>1/2 cm<sup>2</sup></b> Muchas gotas</p> <p><b>1/4 cm<sup>2</sup></b> Gran número de gotas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Densidad (gotas/cm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herbicida</td> <td>20 - 30</td> </tr> <tr> <td>Fungicida</td> <td>30 - 40</td> </tr> <tr> <td>Planta (contacto)</td> <td>50 - 70</td> </tr> <tr> <td>Planta (sistema)</td> <td>30 - 40</td> </tr> <tr> <td>Insecticida</td> <td>40 - 50</td> </tr> <tr> <td>Sistema</td> <td>20 - 30</td> </tr> <tr> <td>Engrasado</td> <td>50 - 70</td> </tr> <tr> <td>Sistema</td> <td>30 - 40</td> </tr> </tbody> </table> <p>Adaptado de: Syngenta Crop Protection</p>	Producto	Densidad (gotas/cm <sup>2</sup> )	Herbicida	20 - 30	Fungicida	30 - 40	Planta (contacto)	50 - 70	Planta (sistema)	30 - 40	Insecticida	40 - 50	Sistema	20 - 30	Engrasado	50 - 70	Sistema	30 - 40
Producto	Densidad (gotas/cm <sup>2</sup> )																			
Herbicida	20 - 30																			
Fungicida	30 - 40																			
Planta (contacto)	50 - 70																			
Planta (sistema)	30 - 40																			
Insecticida	40 - 50																			
Sistema	20 - 30																			
Engrasado	50 - 70																			
Sistema	30 - 40																			
<p>1,000 μm = 1 mm</p> <p>Adaptado de: Zhu et al. (2011)</p> <p>1,000 μm</p>																				
750 μm																				
500 μm																				
250 μm																				
100 μm																				
50 μm																				

### Anexo 3. Esquema para el armado de la caja oscura para evaluar la calidad de la aspersión mediante el uso de trazadores fluorescentes



Escanee este código  
con su celular  
y descargue el pdf  
de esta cartilla



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](http://www.cenipalma.org)