

# SEMINARIO CIENTÍFICO

## Uso de drones en la caficultura: marco jurídico y técnico para su correcta operación



**Anibal  
Arcila M.**

Ingeniero Agrónomo  
Disciplina de Entomología  
Cenicafé



**Diana  
Palacio R.**

Abogada, Esp.  
Unidad Administrativa y Financiera  
Cenicafé

**Viernes 20 de febrero**  
8:30 - 9:30 a.m.

Transmisión por  
nuestro canal oficial



La integración de aeronaves no tripuladas (UAS) en la caficultura colombiana es una innovación esencial para el manejo de la broca (*Hypothenemus hampei*). En el ámbito jurídico, la norma RAC 100 de 2023 regula estas operaciones, señalando las obligaciones y requisitos que se deben cumplir.

Técnicamente, investigaciones de Cenicafé demuestran que los drones logran coberturas superiores a 50 gotas/cm<sup>2</sup>, optimizando el control con volúmenes de mezcla reducidos en comparación con los métodos tradicionales. La correcta operación exige el cumplimiento normativo y una calibración precisa de los parámetros de vuelo y aspersión para garantizar eficacia fitosanitaria y seguridad operacional. De este modo, el uso de drones para el control de plagas es una alternativa viable en el cultivo del café.



# UAS - Aeronaves no tripuladas

## Requisitos normativos

**SABEMOS**  
LO QUE HACEMOS

**Cenicafé**  
Centro Nacional de Investigaciones de Café

  
Federación Nacional de  
Cafeteros de Colombia



# Antecedentes

Todos los Estados contratantes se comprometen a velar porque el vuelo de aeronaves sin piloto en las regiones abiertas al vuelo de aeronaves civiles se regule de tal modo que se evite todo peligro a las aeronaves civiles.

**Convenio de Chicago (1944) Artículo 8º: “ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con permiso especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicho permiso (...)**



# Las últimas noticias...

- Erradicación de cultivos de coca con drones
- Ataque con drones a base militar en Saravena, estación de policía en Dagua, Jamundí
- Neutralización de arsenal adaptado a drones
- Nuevos requisitos de importación de drones





# Cifras

Desde diciembre de 2023 hasta septiembre de 2025:

Pilotos UAS certificados:  
**de 12 a 3.805**

UAS registrados:  
**de 55 a 6.449**

Solicitudes de vuelo en  
**2025: 1.739**

Fuente: CONOPS UTM 2025 (concepto de operaciones para la gestión de tránsito aéreo de aeronaves no tripuladas)





# Normatividad

RAC 100	Operación de sistemas de aeronaves no tripuladas
RAC 91	Reglamento del aire (lo que aplique)
RAC 137	Operaciones en aviación agrícola (lo que aplique)
Artículo 1783 y ss. C. Co.	Navegación aérea (lo que aplique)
Código de Seguridad y Convivencia Ciudadana	Seguridad operacional aérea
Proyectos de ley en trámite	073 de 2025 (Cámara) - 075 de 2025 (Senado)
Sentencia C-247 de 2025	Permite restricciones para circulación de aeronaves en espacio aéreo mediante la publicación de un inventario de zonas “prohibidas, restringidas y peligrosas”



# Registro de UAS

UAS con peso igual o superior a 200 g debe registrarse

Transferencia de dominio o de la calidad de explotador de UAS

Contratos de arrendamiento o cualquier otro que transfiera la calidad de explotador

UAS dado de baja

Equipo tecnológico asociado a cualquier operación UAS

Identificación posterior al registro (requisitos en la norma)

# Categorías

## Categoría abierta



### Categoría Abierta: Recreación y Hobby



**Finalidad:**  
Recreación,  
hobby o deporte



**Peso Máximo:**  
Hasta 25 kg



**Requisito Clave:**  
Vuelo visual  
(VLOS) y zonas  
no restringidas



**Máximo**  
400 pies



### El límite de la Categoría Abierta

Cualquier desviación de las  
reglas "Abiertas" obliga a  
cumplir los requisitos de  
la "Específica".



# Categorías

## Categoría específica



### Categoría Específica: Comercial y Profesional



**Finalidad:**  
Comercial, profesional



**Peso Máximo:**  
Hasta 250 kg



**Requisito Clave:**  
Certificado de

### Personal y registro obligatorio



Requiere jefe de pilotos, pilotos certificados y registro de equipos tecnológicos ante Aerocivil.

# Categorías

## Categoría certificada



Operaciones de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)

Condiciones de vuelo y fines de utilización similares a los de aviación tripulada

Requiere certificado de tipo, de aeronavegabilidad

Opera con las reglas de vuelo por instrumentos

Pilotos con licencia de piloto a distancia, certificado médico aeronáutico y entrenamiento específico en la RPA que opere

# Responsabilidades

## operador - piloto



### Preparación y Seguridad Operacional



#### Planeación y Conocimiento del Entorno

Evaluar el espacio aéreo, el ambiente circundante y estimar el tiempo de vuelo.



#### Inspección y Verificación Técnica

Operar con responsabilidad aplicando el manual del fabricante y realizando verificaciones previas.



#### Comunicación con Participantes

Informar obligatoriamente a los involucrados sobre procedimientos, roles y riesgos detectados.



### Normativa y Ética Profesional



#### Protección a la Privacidad

Garantizar el respeto absoluto al derecho a la intimidad durante toda la operación.

#### Gestión de Autorizaciones y Reportes

Tramitar permisos de vuelo y reportar formalmente cualquier accidente o incidente ocurrido.



#### Competencia y Conocimientos Mínimos

Poseer obligatoriamente los conocimientos técnicos y normativos señalados en la regulación vigente.

# Generalidades

(ambas categorías)

## Seguridad y Entorno Operativo

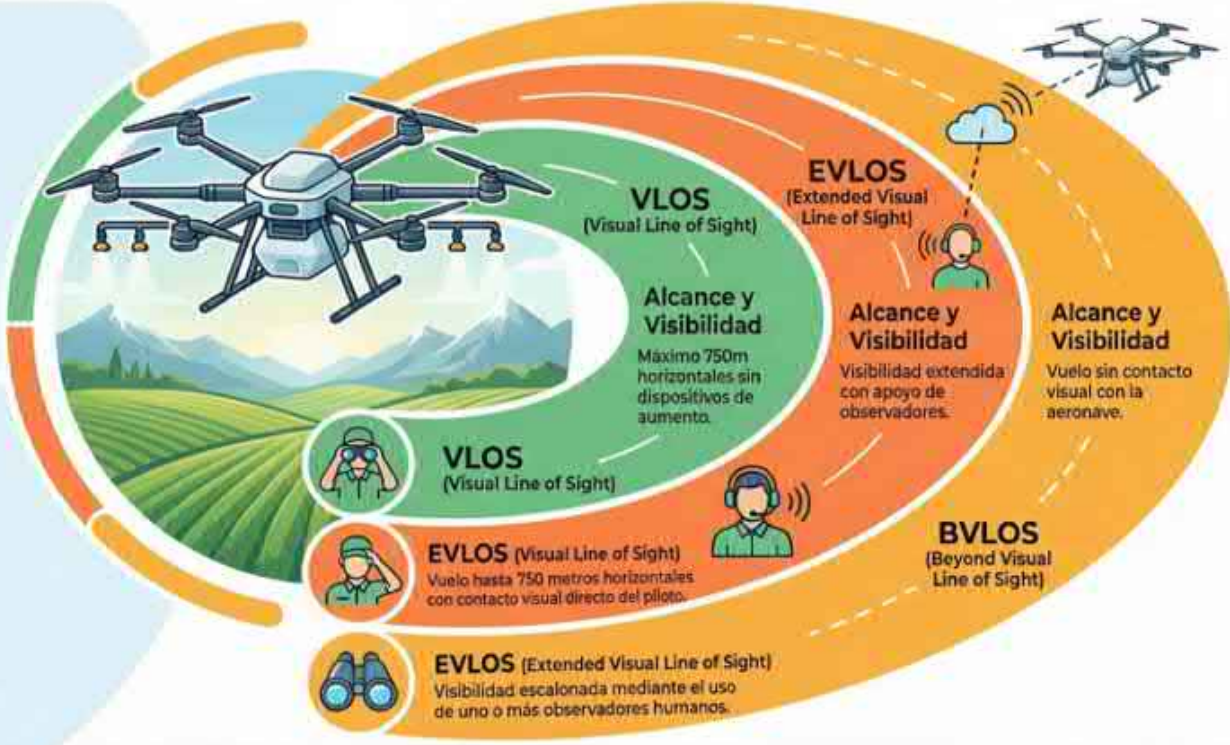


**Inspección Operacional**  
Revisión obligatoria de los sistemas antes de iniciar cualquier maniobra de vuelo.



**Clasificación de Zonas de Vuelo**  
Identificación estricta de áreas peligrosas, prohibidas y restringidas para la navegación.

## Categorías de Vuelo por Visibilidad



© NotebookLM



# Vuelos especiales

Vuelo nocturno

Vuelo en zona urbana

Vuelo autónomo

Vuelos para demostraciones comerciales o de capacidad tecnológica de UAS

Vuelos en competencias y actividades deportivas y recreativas

Vuelos de UA cautiva

Vuelos en espacios cerrados o confinados

# Restricciones

## Zonas de Prohibición Absoluta



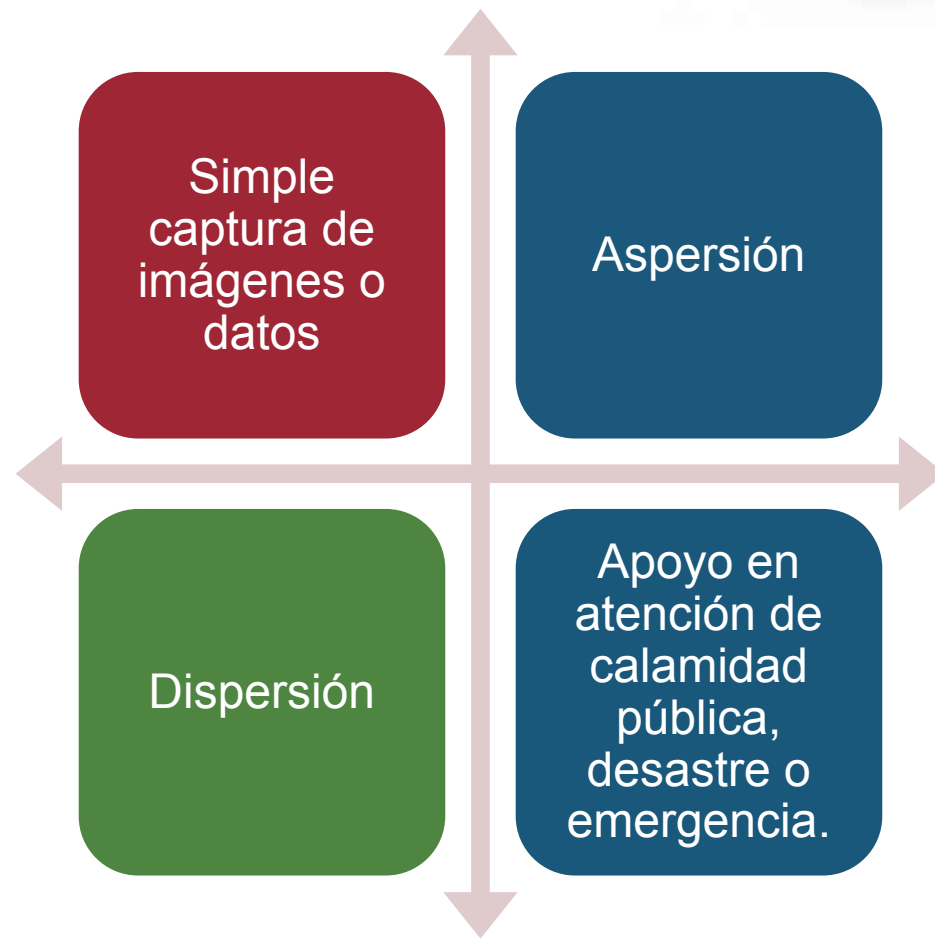
Prohibido volar cerca de bases militares, aeropuertos, centros penitenciarios e infraestructura crítica.

A large agricultural drone is shown in flight, spraying a coffee plantation. The drone is positioned in the center-left of the frame, with its four rotors blurred from motion. It is emitting a fine mist of spray from four nozzles. The background features a vast, hazy mountain range under a sunset sky, with the sun low on the horizon. The foreground shows rows of coffee plants in a field.

# Categoría abierta



# Operación





# Condiciones adicionales

## LIMITACIONES DE VUELO Y ESPACIO

### Altura máxima de 400 pies

No se debe exceder este límite de altitud durante ninguna fase del vuelo.



### Espacio aéreo no restringido

Las operaciones solo están permitidas en áreas no limitadas para el uso de UAS.



### Distancia de seguridad de 30 metros

Mantener este margen horizontal respecto a personas no asociadas con la operación.



## REQUISITOS OPERATIVOS Y VISIBILIDAD

### Línea de vista (VLOS) de 750m

El operador debe mantener contacto visual directo con la aeronave en todo momento.



### Operación diurna y clima visual

Realizar vuelos preferiblemente de día y bajo condiciones meteorológicas favorables.



### Presencia de un observador

Es obligatorio contar con una persona adicional para apoyar la vigilancia del entorno.



NotebookLM

# Aspersión y dispersión

## USOS Y APLICACIONES AUTORIZADAS



### Nutrición y Desarrollo Vegetal

Aspersión de productos para nutrir plantas, madurar ejemplares y propagar especies vegetales.



### Tratamiento y Control

Incluye el tratamiento de la tierra y el control efectivo de plagas agrícolas.



### Preservación de Ecosistemas

Actividades de aspersión que afectan directamente la agricultura, horticultura y preservación de bosques.



## ESPECIFICACIONES Y LIMITACIONES



### Regulación RAC 137

Norma específica para la aspersión de cualquier producto tóxico agroquímico.



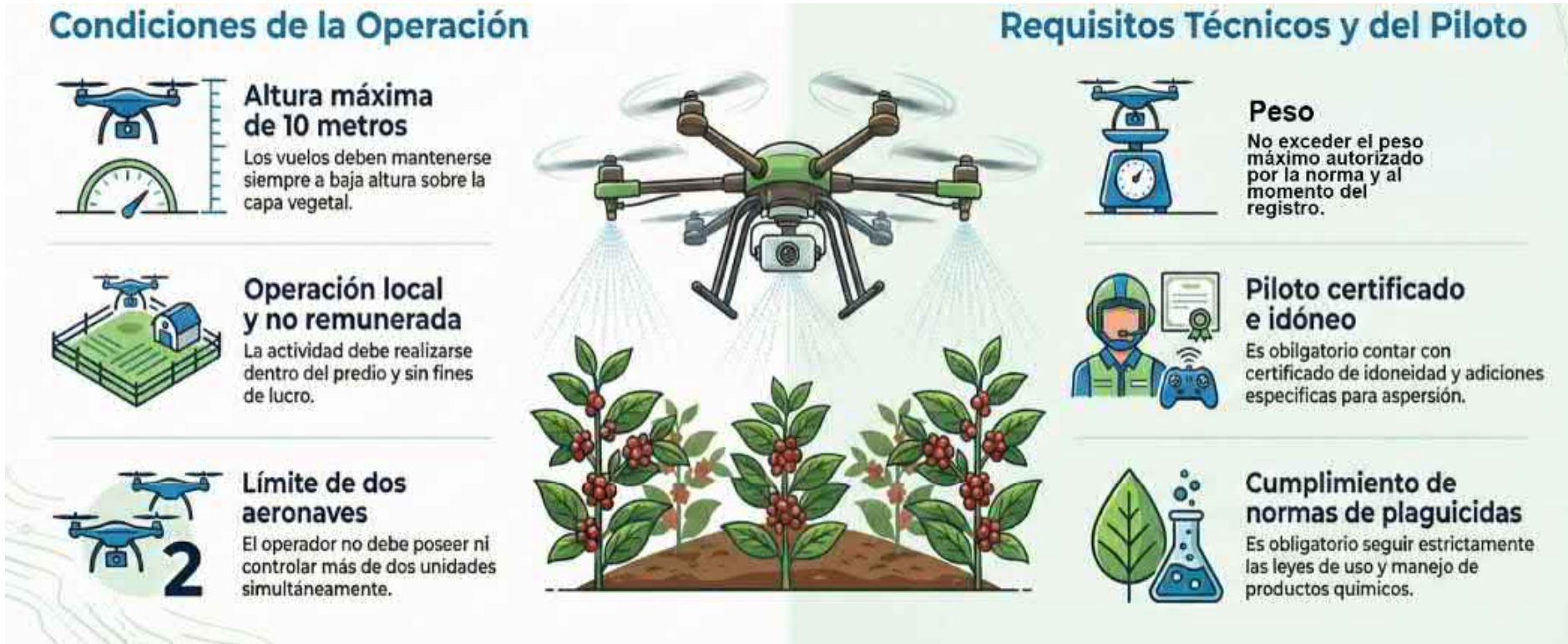
### Exclusión de Insectos Vivos

Las normativas de aspersión y dispersión no incluyen la liberación de insectos vivos.

NotebookLM

# Aspersión y dispersión

No se requiere autorización de vuelo si:



**Condiciones de la Operación**

- Altura máxima de 10 metros**  
Los vuelos deben mantenerse siempre a baja altura sobre la capa vegetal.
- Operación local y no remunerada**  
La actividad debe realizarse dentro del predio y sin fines de lucro.
- Límite de dos aeronaves**  
El operador no debe poseer ni controlar más de dos unidades simultáneamente.

**Requisitos Técnicos y del Piloto**

- Peso**  
No exceder el peso máximo autorizado por la norma y al momento del registro.
- Piloto certificado e idóneo**  
Es obligatorio contar con certificado de idoneidad y adiciones específicas para aspersión.
- Cumplimiento de normas de plaguicidas**  
Es obligatorio seguir estrictamente las leyes de uso y manejo de productos químicos.



# Categoría específica



# Condiciones de operación



## CERTIFICACIÓN Y REGISTRO OBLIGATORIO

Es indispensable poseer el certificado de explotador UAS y registrar cualquier equipo tecnológico adicional.



## PÓLIZAS DE RESPONSABILIDAD CIVIL

Contar con seguros vigentes para cubrir daños a terceros durante la operación.

## BASE LEGAL Y DOCUMENTAL

## EJECUCIÓN Y TALENTO HUMANO



## PLANIFICACIÓN SEGÚN MANUALES

Ejecutar operaciones siguiendo estrictamente los manuales del fabricante y del explotador UAS.



## PERSONAL CALIFICADO Y LIDERAZGO

Designar un Jefe de Pilotos y el personal técnico requerido para cada misión.

NotebookLM

# Condiciones de operación

## PREPARACIÓN Y AUTORIZACIÓN



### Realizar el análisis de riesgos

Evaluación obligatoria de la seguridad operacional antes de iniciar cualquier actividad de vuelo.



### Obtener la autorización de vuelo

Contar con el permiso oficial necesario para operar el UAS legalmente.



### Equipo de radio VHF portátil

Uso obligatorio de transmisor y receptor de banda aérea cuando sea requerido.



### Categorías de Operación

Cumplir estrictamente con las condiciones de las categorías abierta y específica.

## CUMPLIMIENTO Y NORMATIVA TÉCNICA



### Requisitos de Aeronavegabilidad

Asegurar el funcionamiento de sistemas C2, piloto automático y especificaciones técnicas.

# Certificación explotador UAS





**Avances  
Técnicos**

**Cenicafé**  
Centro Nacional de Investigaciones de Café

ABRIL 2025

Arcila - Moreno, A. | Benavides - Machado P.

**574**

**Drones de aspersión en la caficultura para el manejo integrado de la broca**

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ASPERSIÓN Y EL CONTROL DE *Hypothenemus hampei* UTILIZANDO DRONES

Aníbal Arcila Moreno \*, Luis Carlos Imbachi Quinchua \*\*, Pablo Benavides Machado \*\*\*

Arcila-Moreno, A., Imbachi-Quinchua, L. C., & Benavides-Machado, P. (2025). Evaluación de la calidad de la aspersión y el control de *Hypothenemus hampei* utilizando drones. *Revista Cenicafé*, 76(1), e76105. <https://doi.org/10.38141/10778/76105>



La broca del café es la plaga más limitante de la caficultura colombiana. Los equipos de aspersión utilizados consumen altos volúmenes de mezcla por hectárea y son exigentes en calidad y cantidad de mano de obra. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de la aspersión y control de la broca utilizando drones. El estudio se desarrolló en dos etapas. Inicialmente, se evaluó la calidad física de la aspersión utilizando drones DJI Agras MG-1 y MG-1S, equipados con boquillas de abanico, antideriva de cono hueco, operando a velocidades entre 1 y 7 m s<sup>-1</sup>. Se analizaron variables como cubrimiento, tamaño de gota y porcentaje de cobertura en cafetales de dos edades. Posteriormente, se evaluó la eficacia biológica de una mezcla comercial de tiametoxam+clorantraniliprol aplicada con el dron MG-1S, empleando las boquillas seleccionadas en la primera fase, tres volúmenes de mezcla y dosis de 350, 500 y 1.000 cm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. El testigo relativo fue un equipo de espalda. El uso de drones permitió una distribución adecuada de las gotas en el estrato productivo de cafetos en segunda y cuarta cosecha, especialmente con las boquillas TJ XR11001, TX4 y TX6 a una velocidad de 1 m s<sup>-1</sup>. A partir de una dosis de 500 cm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, se alcanzaron niveles de protección de almendras similares al testigo, protegiendo en promedio el 70% de los frutos. Bajo las condiciones del presente estudio, los drones son una alternativa viable y eficiente para el control de la broca del café en Colombia.

**Palabras clave:** Control químico, tecnología de aplicación, broca del café, UAV.





# Drones

**Dron = Drone. Término en inglés para zángano (abeja macho)**

## **Definición:**

Aeronave sin tripulación, **reutilizable**, que opera por control capaz de mantener un nivel de vuelo controlado y sostenible.

## **Tipo de control:**

- Desde una ubicación remota;
- Vuelo autónomo. Incluyen información de acelerómetros, giroscopios, barómetros, GPS, I.A.

## **Otros términos de uso:**

- ✓ **RPA:** Remotely Piloted Aircraft;
- ✓ **RPAS:** Remotely Piloted Aircraft System;
- ✓ **UAS:** Unmanned Aircraft System.
- ✓ **UAV:** Unmanned Aerial Vehicle (o tripulado por programa informático);
- ✓ **VANT:** Vehículo Aéreo No Tripulado;

# Historia



Fuente imagen: [https://web-japan.org/trends/es/food/jfd202008\\_rice-terraces\\_es.html](https://web-japan.org/trends/es/food/jfd202008_rice-terraces_es.html)  
<https://www.vrhc.co.uk/index.php/en/rc-helicopters/by-manufacturer/s-z/y/yamaha>

- Cultivos de arroz en Japón en la década del 80 siglo XX (Sato, 2003; Wong, 2001);
- Necesidad de disminuir mano de obra y contaminación (Sato, 2003; Wong, 2001);
- Yamaha lanzó el prototipo R-50, un helicóptero no tripulado de menos de 20 kg de carga útil (Sato, 2003; Filho & Kong, 2019);
- El tiempo de espolvoreo de pesticidas en arroz pasó a ser el 6% del empleado con aspersoras motorizadas (Wong, 2001);
- Entre los años 2000 y 2003, en café se utilizaron para identificación de frutos maduros y arvenses (Herwitz *et al.*, 2000, 2004).



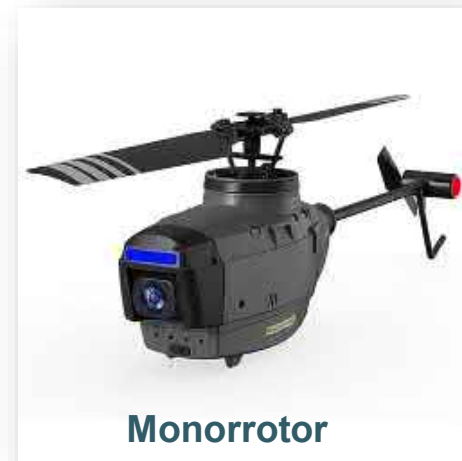
# Drones

## Clasificación: Sistemas de propulsión



**Ala fija**

Fuente imagen: <https://www.forigo.it/es/news/drones-en-agricultura-un-vuelo-hacia-el-futuro>



**Monorrotor**

Fuente imagen: <https://gaotek.com/product/1080p-fhd-rc-helicopter-with-fpv-and-ai-recognition-gaotek/>



**Multirrotor: cuadracóptero**



**Hibrido Vtol**

Fuente imagen: <https://www.jouav.com/blog/drone-types.html>

# Evolución de los drones de aspersión modernos



Fuente: Bayer Brasil, 2025

# Mercado de los drones de aspersión



Fuente: Bayer Brasil, 2025



# Drones agrícolas

## Drones de aspersión en la caficultura colombiana

### Tecnología de aplicación:

*“El empleo de un conjunto de conocimientos, habilidades y procesos ordenados con el objetivo de mantener una plaga por debajo de los umbrales de daño económico, disminuir los costos de aplicación y reducir el impacto negativo ambiental y social que genera la actividad de control fitosanitario”*

(Benavides *et al*, 2013).

**¿ES POSIBLE LA ASPERSIÓN CON DRONES EN LA CAFICULTURA COLOMBIANA?**





## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFECTIVIDAD DE UNA ASPERSIÓN CON DRON

**Componente biológico**  
(Cultivo - insecto)

**Pesticida**

**Calidad de la aplicación**

**Factores ambientales**

**Parámetros operativos de vuelo**

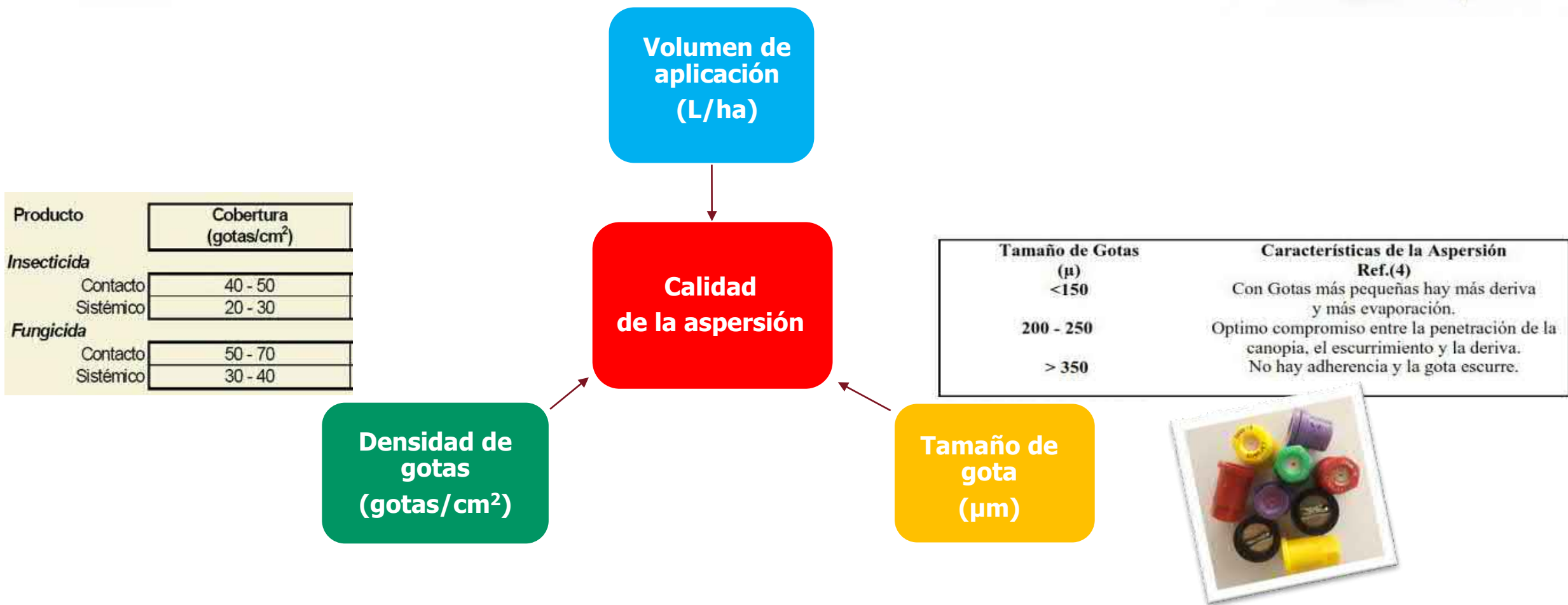
**EFECTIVIDAD**

- Altura vuelo
- Velocidad de vuelo
- Interlineado
- Volumen de aplicación
- Boquilla - Tamaño de gota
- Recorrido

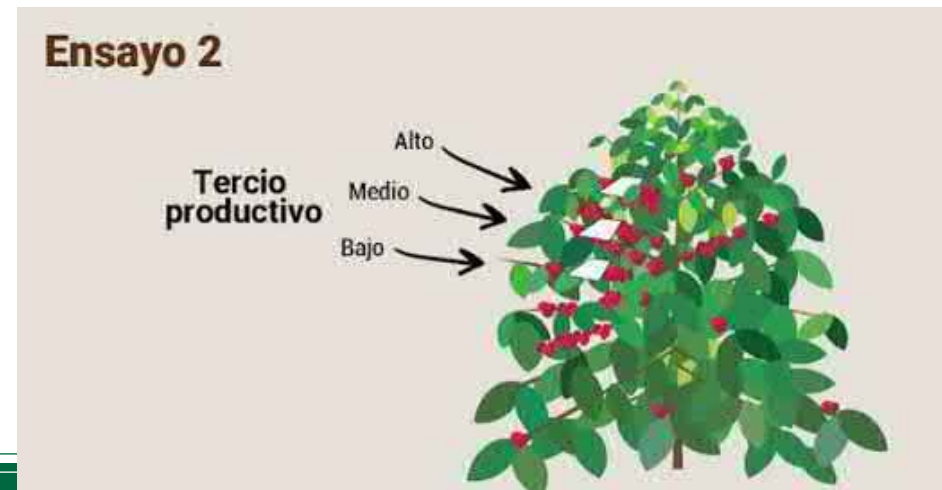
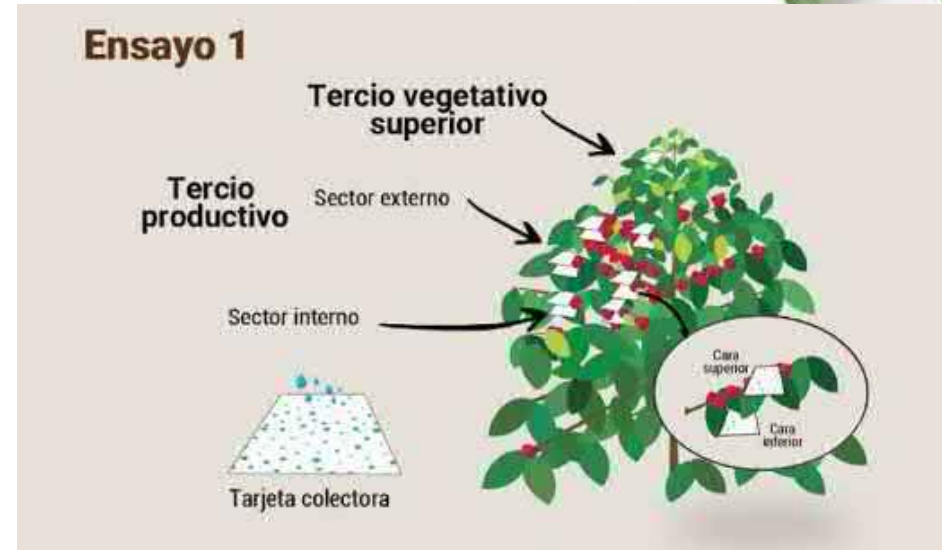




# COMPONENTES QUE DEFINEN LA CALIDAD DE UNA ASPERSIÓN



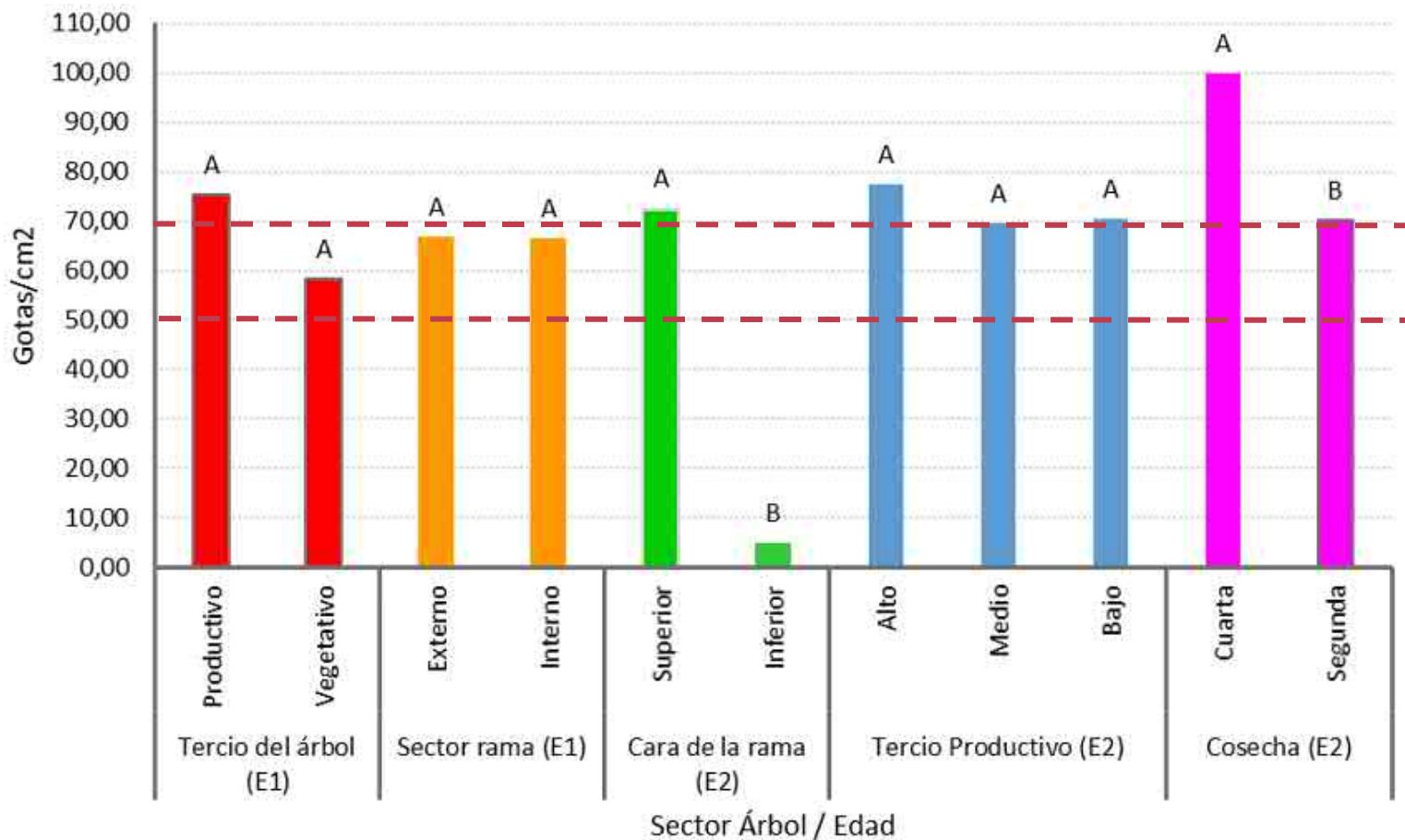
# EVALUACIÓN DE DRONES EN LA CAFICULTURA COLOMBIANA. CENICAFÉ 2016 - 2024



# EVALUACIÓN DE DRONES EN LA CAFICULTURA COLOMBIANA. CENICAFÉ 2016 - 2024

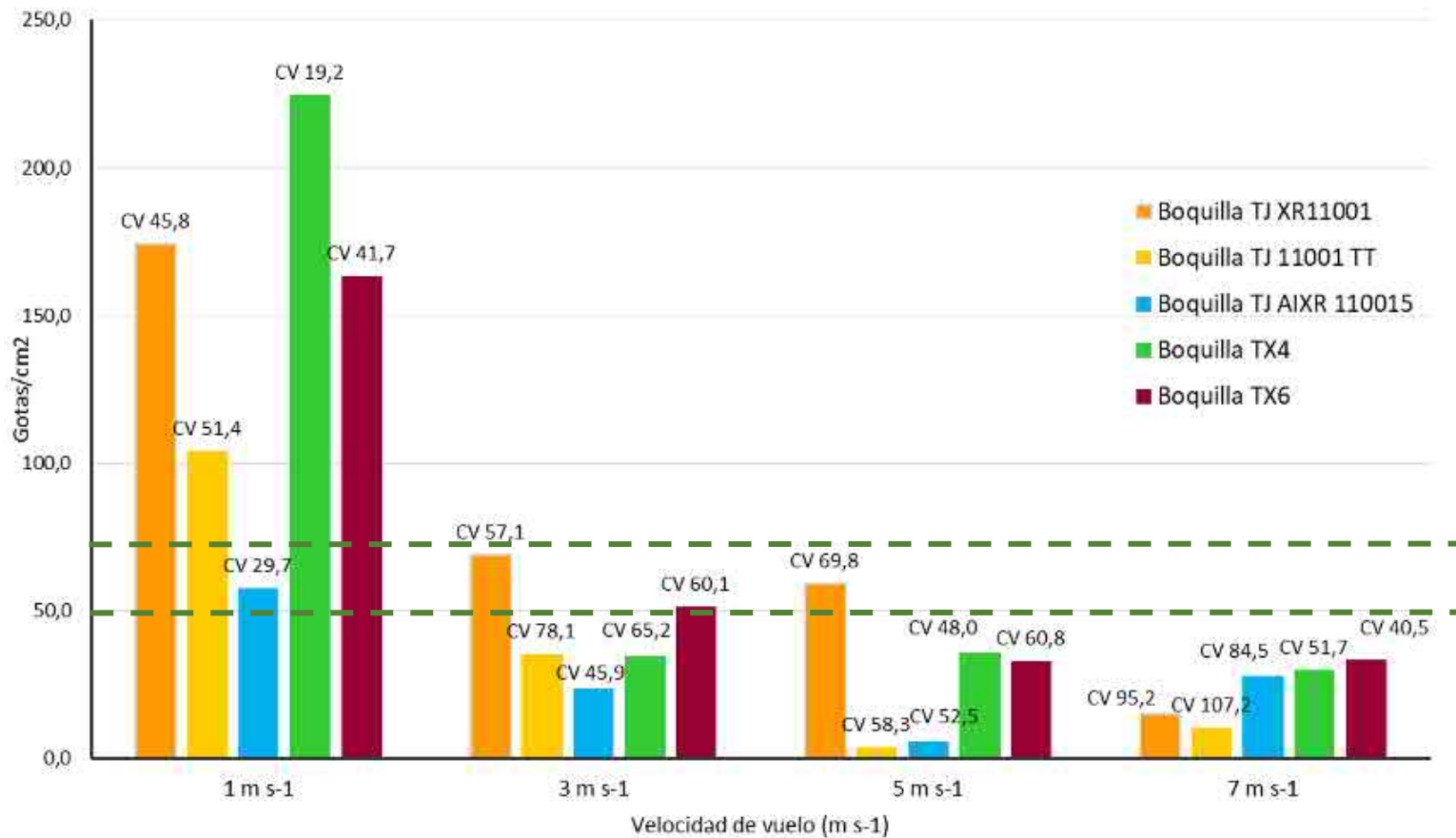
Evaluación de cubrimiento en diferentes sectores del árbol y edades del cultivo.

Drones DJI Agras MG 1 y 1S.



# EVALUACIÓN DE DRONES EN LA CAFICULTURA COLOMBIANA. CENICAFÉ 2016 - 2024

Evaluación del efecto de los parámetros operativos tipo de boquilla y velocidad de vuelo sobre la calidad del cubrimiento. Drones DJI Agras MG 1 y 1S.



CV = Coeficiente de variación es una medida de uniformidad de cubrimiento; valores inferiores a 50% – 70% son adecuados para insecticidas.

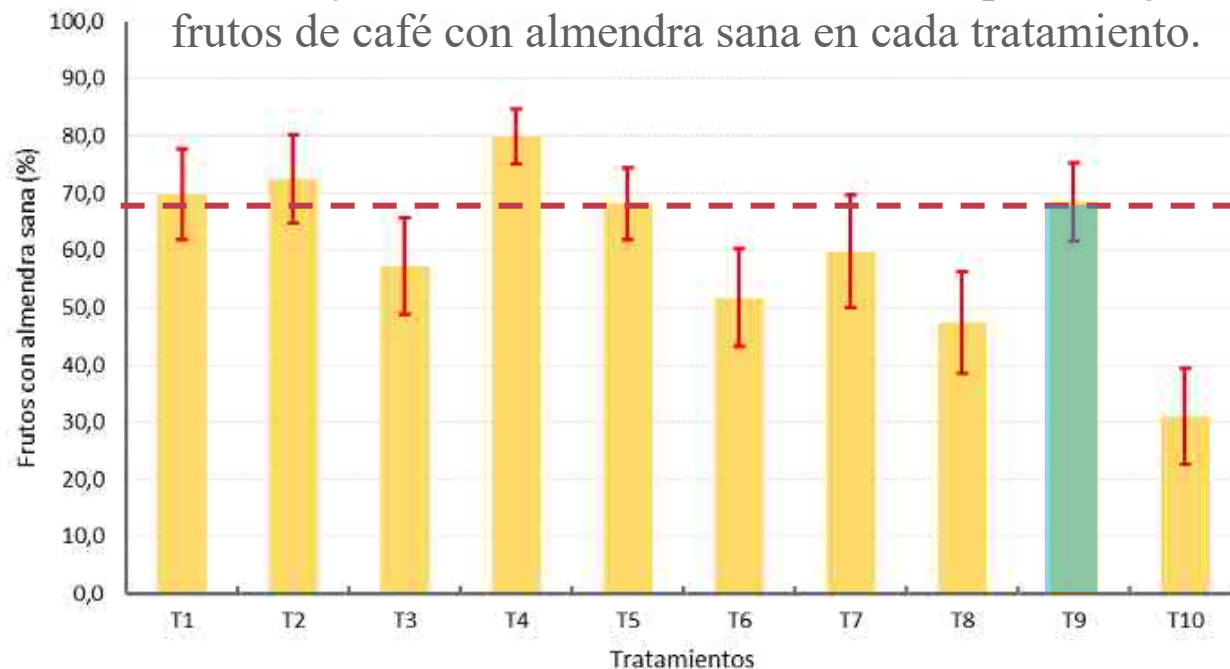
# EVALUACIÓN DE DRONES EN LA CAFICULTURA COLOMBIANA. CENICAFÉ 2016 - 2024

Evaluación biológica de la aspersión del insecticida Voliam flexi en el control de la broca del café en un lote de variedad Cenicafé 1 de primera cosecha. Cenicafé, 2021

## Descripción de tratamientos

TTO	Volumen mezcla (L ha <sup>-1</sup> )	Dosis P.C. (cm <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Concentración Insecticida (cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> )	Boquilla	Pases del dron sobre la parcela
T1	100	1000	10,0	TJ XR11001	Uno solo
T2	100	500	5,0	TJ XR11001	Uno solo
T3	50 + 50	250 + 250	5,0	TJ XR11001	Dos pases: cruzados
T4	40	500	12,5	TJ XR11001	Uno solo
T5	70	500	7,1	TJ XR11001	Uno solo
T6	100	350	3,5	TX6	Uno solo
T7	100	500	5,0	TX6	Uno solo
T8	100	350	3,5	TJ XR11001	Uno solo
T9 (TR)	260	364	1,4	TX3 (Equipo eléctrico de espalda)	
T10 (TA)	0	0	0	Sin aplicación	

Promedio y límites de confianza al 95% del porcentaje de frutos de café con almendra sana en cada tratamiento.



Velocidad de vuelo de 1m s<sup>-1</sup> ; altura de vuelo sobre el dosel del cultivo de 2,3 m.  
Densidad del cultivo de 7143 plantas/ha





## CONDICIONES AMBIENTALES ADECUADAS PARA UNA CORRECTA OPERACIÓN DE LOS DRONES

**Temperatura:**  $> 30$  °C (Syngenta, 2020).

**Humedad relativa:**  $>50\%$  -  $<100\%$  (CropLife Latin America, s/f; Syngenta, 2020) .

**Velocidad del viento:**  $> 1,5 < 3,0$  m s<sup>-1</sup> (CropLife Latin America, s/f; Li et al., 2019; Syngenta, 2020).

**Neblina y lluvia:** estas condiciones ocasionan lavado o dilución de la concentración insecticida (J. P. A. Cunha et al., 2010).

**Inversión térmica:** evitar (Li et al., 2019; Syngenta, 2020).

## PARÁMETROS OPERATIVOS PARA UNA CORRECTA OPERACIÓN DE LOS DRONES

- **Altura de vuelo:** 1,5 m a 3,0 m sobre el dosel del cultivo;
- **Velocidad de vuelo:**  $> 1,0 \text{ m s}^{-1} < 4,0 \text{ m s}^{-1}$
- **Interlineado:** Alrededor 5,0 m.;
- **Volumen:** 40 – 100 L ha<sup>-1</sup> (tener en cuenta la dosis - concentración del producto);
- **Boquilla:** gota fina a media (TJ RX110101);
- **Recorrido (método aplicación):** Siguiendo el surco (en pendientes).



# RELACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE ASPERSIÓN Y EL TAMAÑO DE GOTA

Boquilla hidráulica

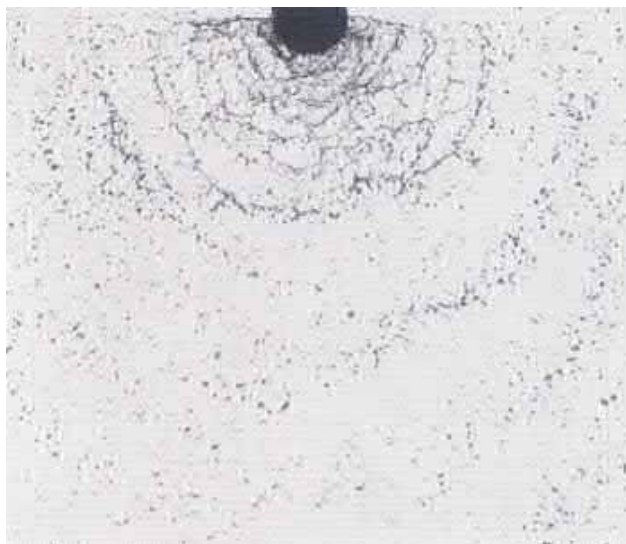


Boquilla Disco Rotativo



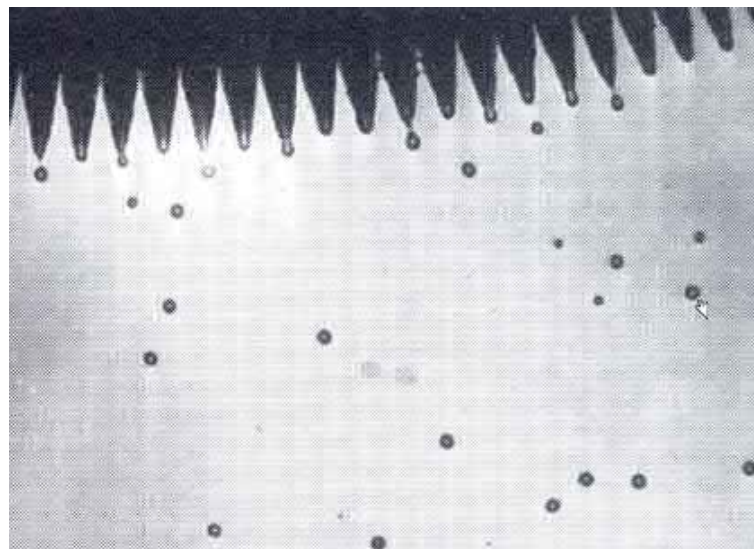
Tamaño de gota:

- Desuniforme



Tamaño de gota:

- Uniforme
- 50 – 500  $\mu\text{m}$







**Cenicafé**<sup>®</sup>  
Centro Nacional de Investigaciones de Café



[cenicafe.org](http://cenicafe.org)



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC



@cenicafefnc