

## MEDICIÓN DE LA DERIVA EN APLICACIONES AÉREAS DE FUNGICIDAS PARA EL COMBATE DE LA SIGATOKA NEGRA CON SISTEMA DE AERONAVES NO TRIPULADAS (RPAS-DRONES) EN EL CULTIVO DE BANANO

Marylin Sánchez, Randy Villalobos, Ricardo Villalta, Claudiana Carr, Mauricio Guzmán

### Introducción

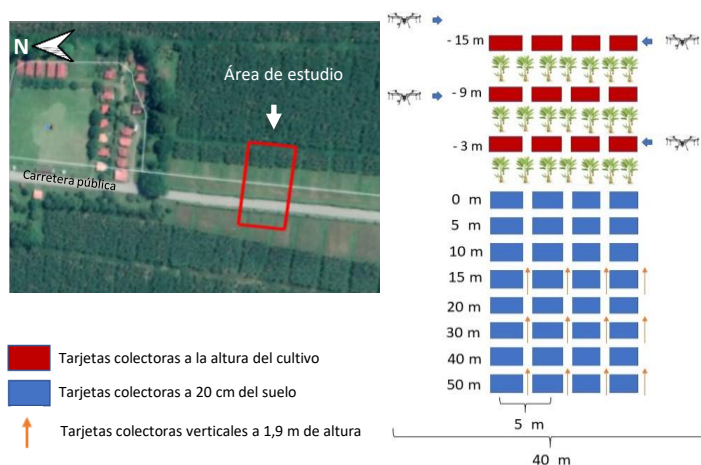
La deriva de la pulverización o aplicación se define como un movimiento físico de gotas desde el cultivo objetivo a cualquier lugar fuera del objetivo durante la operación de pulverización o poco tiempo después, debido a factores ambientales complejos en el campo (Nuyttens *et al.* 2007). Por esta razón, las aplicaciones de fungicidas con avión en banano están debidamente reguladas (Decreto ejecutivo No. 34202) y se han establecido límites a esta práctica basados en información científica (Valenciano *et al.* 2007).

En las áreas de plantación donde las aplicaciones con avión están restringidas, por riesgo de deriva a zonas sensibles, se utilizan otros equipos como motobombas y cañones transportados por camiones o tractores. Más recientemente los drones o RPAS (Remotely Piloted Aircraft System, por sus siglas en inglés) han surgido como una alternativa para la aplicación aérea en estas zonas. Sin embargo, se requiere de información sobre el comportamiento de la deriva que respalde el uso de estos equipos para este propósito y que permita regular su correcto uso.

### Metodología

El estudio se realizó en finca San Pablo, ubicada en el cantón de Siquirres, 7 km al oeste del aeropuerto de Batán, Limón, Costa Rica (coordenadas: 10° 10' 75" 10N, 83° 38' 14" 78W), en una plantación del cultivar Grande Naine (*Musa* AAA, Subgrupo Cavendish). Para la valoración de la deriva se siguieron los lineamientos establecidos para este tipo de pruebas según protocolo ISO 22866 2005E "Methods for Field Measurement of Spray Drift" (ISO 22866 2005).

Se utilizó un dron DJI Agras® T20, categorizado por Aviación Civil como multirrotor grande (peso >25 kg), equipado con un tanque de 20 L de capacidad y 8 boquillas SX110015VS. El dron sobrevoló a 4 m del dosel con un ancho de franja ("swath") de 6 m y una velocidad de 25 km/h. La mezcla aplicada consistió en el fungicida protectante mancozeb (Banazeb® 60 SC 1,75 L/ha) en combinación con los siguientes coadyuvantes de uso común en las aplicaciones aéreas: Mist Control® (antideriva, 50 ml/ha), Nu Film® (adherente, 350 ml/ha), Quick Defoamer® (antiespumante, 5 ml/ha) y Couplex® (compatibilizador de mezcla, 10 ml/ha). Se aplicó a un volumen total de 18 L/ha.



**Figura 1.** Fotografía aérea de la zona de estudio y diagrama de la colocación de los colectores hidrosensibles para la medición de la deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas con RPAS.

Para la medición de la deriva, se colocaron 4 líneas de tarjetas colectoras hidrosensibles de 5,6 x 7,6 cm (TeeJet®) a 5 m de distancia entre cada línea. Dentro del cultivo (a 3, 9 y 15 m del borde) los colectores se colocaron a la altura del dosel y en posición horizontal sobre placas metálicas soportadas en varillas de aluminio. Fuera del cultivo los colectores se colocaron horizontales a 20 cm del suelo (a 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 m). Además, se colocaron colectores verticales a 1,9 m de altura a 15, 30 y 50 m del borde del cultivo (Fig. 1).

Se aplicó con el dron un lote de 40 m de largo por 24 m de ancho (960 m<sup>2</sup>, 4 pasadas del dron), sin presencia de ningún tipo de barrera vegetativa, iniciando del borde del cultivo hacia adentro. Se registraron las variables climáticas durante el periodo del experimento (Cuadro 1). Se realizaron 4 pruebas (aplicaciones) a diferentes horas del día y bajo diferentes condiciones meteorológicas. Los colectores hidrosensibles recuperados del campo fueron analizados mediante el programa Deposit Scan® del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Deveau s.f), utilizado para este tipo de estudios (Cunha 2013, Zhu 2011). Se escaneó cada colector y se obtuvo el número de gotas/cm<sup>2</sup>, volumen depositado en µL/cm<sup>2</sup>, porcentaje de cobertura y diámetro volumétrico (DV1, DV5 y DV9) de la gota en µm. El Diámetro Volumétrico Medio (DV5) se clasificó según ASAE S-572 como gota gruesa, mediana, fina y muy fina (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Condiciones climáticas durante las aplicaciones realizadas para la medición de deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas RPAS. Fuente: BANACLIMA, estación San Pablo.

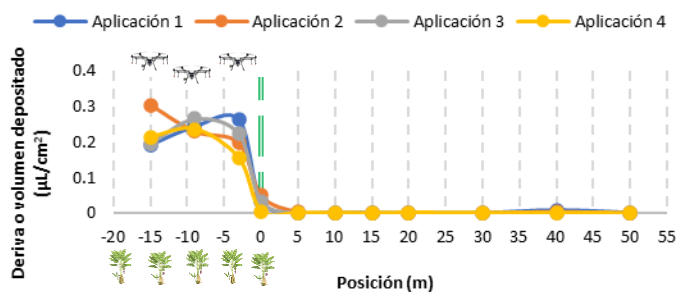
Aplicación	Hora	Precipitación (mm)	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (Km/h)	Dirección del viento (grados)	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )
1	7:32 a. m.	0	28,1	69,5	0	0	525,7
2	8:01 a. m.	0	29,4	63,5	3,4	0	485,3
3	8:23 a. m.	0	28,7	64,7	1,7	60,5	360,4
4	8:45 a. m.	0	28,9	66,8	6,6	276,3	95,3

## Resultados

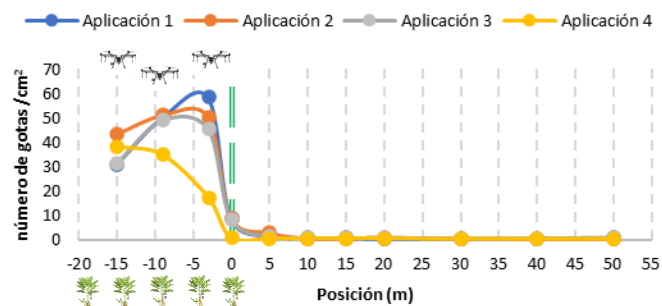
El volumen depositado dentro del cultivo osciló entre 0,15 a 0,30  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  y se redujo drásticamente del borde del cultivo hacia afuera; siendo en los primeros 5 m de 0 a 0,05  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  y de los 5 m en adelante prácticamente nulo (Fig. 2). Similar comportamiento se observó en la cantidad de gotas depositadas en los colectores. Dentro del cultivo se contabilizó en promedio 41,6 gotas/ $\text{cm}^2$ , de 0 a 5 m disminuyó a 3,98 gotas/ $\text{cm}^2$  y a 0,4 gotas/ $\text{cm}^2$  después de los 5 m (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Resultados de medición de deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas con RPAS-Dron. Coloración representa la categorización del diámetro de gota según ASAE S-572, azul gota gruesa, amarillo mediana, naranja fina y rojo muy fina.

Posición (m)	Aplicación	DV 1 ( $\mu\text{m}$ )	DV 5 ( $\mu\text{m}$ )	DV 9 ( $\mu\text{m}$ )	Cobertura (%)	Gotas/ $\text{cm}^2$	Volumen depositado ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )
-15	1	183,25	337,00	668,75	3,21	30,68	0,19
	2	189,75	358,00	815,00	4,84	43,25	0,30
	3	183,75	339,25	666,75	3,26	31,08	0,20
	4	171,75	345,50	582,75	3,70	38,18	0,21
-9	1	172,25	299,75	657,50	4,42	49,93	0,24
	2	163,75	315,75	627,25	4,20	51,05	0,23
	3	176,00	325,25	812,50	4,51	48,95	0,27
	4	185,75	404,50	838,00	3,64	34,78	0,24
-3	1	162,25	287,25	534,25	5,08	58,33	0,26
	2	150,50	279,75	569,25	3,75	50,40	0,20
	3	168,50	296,50	640,00	4,18	45,40	0,22
	4	260,50	353,25	558,25	2,63	17,33	0,15
0	1	131,75	223,75	350,50	0,67	8,43	0,03
	2	175,75	288,75	469,50	0,86	8,80	0,05
	3	134,00	229,75	351,50	0,67	8,33	0,03
	4	170,75	177,00	206,25	0,09	0,55	0,01
5	1	77,25	120,00	153,00	0,03	1,40	0,00
	2	101,00	158,00	204,50	0,06	2,73	0,00
	3	87,75	131,00	189,00	0,03	1,30	0,00
	4	72,25	101,25	209,50	0,01	0,30	0,00
10	1	72,75	133,50	178,25	0,02	0,68	0,00
	2	68,00	104,25	135,25	0,01	0,48	0,00
	3	84,75	157,50	238,50	0,03	0,65	0,00
	4	78,00	123,00	169,00	0,01	0,33	0,00
15	1	106,50	131,00	155,25	0,01	0,58	0,00
	2	106,00	129,50	160,50	0,01	0,50	0,00
	3	107,00	131,50	157,25	0,01	0,63	0,00
	4	61,25	76,50	89,75	0,01	0,33	0,00
20	1	73,50	81,00	85,50	0,00	0,25	0,00
	2	64,25	87,25	119,00	0,01	0,88	0,00
	3	66,50	79,00	89,00	0,00	0,15	0,00
	4	59,25	92,25	226,25	0,02	0,38	0,00
30	1	62,50	93,50	118,75	0,01	0,33	0,00
	2	81,00	102,75	125,25	0,01	0,35	0,00
	3	62,00	94,50	122,75	0,01	0,35	0,00
	4	86,33	97,67	165,33	0,01	0,13	0,00
40	1	66,50	86,00	364,25	0,06	0,35	0,01
	2	78,25	82,75	307,25	0,04	0,18	0,01
	3	74,00	116,50	146,50	0,01	0,45	0,00
	4	102,50	136,00	185,75	0,01	0,15	0,00
50	1	81,25	120,25	177,25	0,02	0,73	0,00
	2	87,50	135,50	159,25	0,01	0,28	0,00
	3	83,00	126,50	188,75	0,02	0,88	0,00
	4	70,50	88,50	107,25	0,01	0,15	0,00



**Figura 2.** Deriva o volumen depositado en  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  registrada en el área de medición de deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas RPAS.



**Figura 3.** Número de gotas registradas por centímetro cuadrado en el área de medición de deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas RPAS.

## Conclusión

Bajo las condiciones del presente estudio, se demuestra que la deriva en aplicaciones aéreas con RPAS-Dron es prácticamente nula después de los 5 m del borde del cultivo debido a la baja turbulencia que genera el equipo; siempre y cuando se respeten las condiciones agrometeorológicas y el tamaño de gota (200-300  $\mu\text{m}$ ) recomendadas para este tipo de actividad agrícola tal como lo indican Valenciano *et al.* (2007) y Wang *et al.* (2020). Los resultados del presente estudio confirman que los drones constituyen una valiosa alternativa para la aplicación aérea de fungicidas en áreas restringidas para el avión, dejando una zona de amortiguamiento de 5 m.

## Literatura consultada

- American Society of Agricultural Engineers. 2004.** ASAE S-572 Spray Tip Classification by Droplet Size, Developed by the Pest Control and Fertilizer Application Committee; approved by the Power and Machinery Division Standards Committee; adopted by ASAE PM41. Pag. 64-68. Norma ASAE.
- Cunha, J; Farnese, A y Olivet, J. 2013.** Computer programs for analysis of droplets sprayed on water sensitive papers. Planta Daninha, Viçosa-MG. 31(3): 715-720.
- Deveau, J. s.f.** Using DepositScan with either a business card scanner or an office flatbed scanner. 4p.
- ISO 22866:2005. 2005.** Equipment for crop protection - Methods for field measurement of spray drift.
- La Gaceta N° 8. 2008.** Decreto N°34202-MS-MAG-MINAE-MOPT-MGPSP, reforma al artículo 70 del Reglamento para las Actividades de Aviación Agrícola en Decreto Ejecutivo N° 31520-MS-MAG-MOPT-MGSP. Gobierno de Costa Rica. 5p.
- Nuytens, D; Baetens, K; De Schampheleire, M; Sonck, B. 2007.** Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. Biosyst. Eng. 97: 333-345.
- Zhu, H; Salyani, M; Fox, R. 2011.** A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. Computers and Electronics in Agriculture 76(2011):38-43.
- Valenciano, R; Laprade, S; Fournier, A; Trejos, E. 2007.** Manejo de la deriva en aplicaciones aéreas de plaguicidas en fincas con zonas de amortiguamiento. CORBANA, Comisión Ambiental Bananera (CAB). San José, Costa Rica. 10p.
- Wang, G; Han, Y; Li, X; Andaloro, J; Chen, P; Clint, W; Han, X; Chen, S; Lan Y. 2020.** Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer. Science of the Total Environment 737(2020). 13p.