

## Uso de drones para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) Vinces, Ecuador

### Use of drones to control black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) Vinces, Ecuador

Sheyla Narcisa Arriaga-García<sup>1</sup>; Washington Guillermo Meza-Cabrera<sup>2</sup> Vicente Frijoth Painii-Montero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ing. Agr. Asesora Técnica Independiente, Guayaquil, Guayas, Ecuador

<sup>2</sup>Ph.D, Universidad de Guayaquil. Docente Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Av. Raúl Gómez Lince Av. Las Aguas y Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Guayas, Ecuador.

<sup>3</sup>Ph.D, Universidad de Guayaquil. Docente Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Centro de Apoyo Vinces, Km. ½ vía Vinces-Palestina. Ecuador.

**Autor para correspondencia** vicente.painiim@ug.edu.ec

**Recibido: 04 agosto 2022**

**Aprobado: 09 diciembre 2022**

**Publicado: 12 diciembre 2022**

#### Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general realizar un estudio sobre la eficiencia de las fumigaciones con dron para sigatoka negra en el cultivo de banano. La metodología utilizada consistió en analizar la cobertura de gotas por  $cm^2$  con papeles hidrosensibles. Se realizó monitoreo de incidencia y severidad utilizando la escala de Stover días posteriores a la fumigación. Se comparó costos del uso de dron vs motobomba. Los resultados, cumplen con los rangos de gotas por  $cm^2$  exigidos en pulverizaciones aéreas eficientes. El porcentaje inicial del área foliar sin daños en la bananera estudiada fue 41% y en el último control este porcentaje incrementó al 73%. En el análisis económico, el costo de pulverización con motobomba superó al dron en \$40,00 equivalentes al 36,4%. En conclusión, el grado de eficiencia por medio de cobertura y control de severidad en la enfermedad, fue favorable con el uso del dron; las encuestas reflejan que ya hay predisposición de los productores a reemplazar métodos tradicionales por el uso de drones.

**Palabras Claves:** Dron, fumigación, Sigatoka negra, banano.

#### Abstract

This work research aims for the study of the drone fumigation efficiency on banana plantations with Black Sigatoka, looking forward to check the effectiveness of phytosanitary control. The methodology used comprised the analysis of the drop's coverage by  $cm^2$  with hydrosensitive papers. A control of incidence and severity was

carried out with the Stover scale days after the fumigation. The costs of using drone vs. motorized pump were compared. The results comply with the range of drops per  $cm^2$  required in efficient aerial spraying. The initial percentage of the leaf area without damage in the banana plantation was 41% and this percentage increased to 73% in the last control. In the economic analysis, the cost of spraying with a motorized pump exceeded the drone by \$40.00, which is equivalent to 36,4%. In conclusion, the degree of efficiency through coverage and severity control in the disease was favorable with the use of the drone; Surveys show that producers are already willing to replace traditional methods with the use of drones.

**Keywords:** Drone, fumigation, black Sigatoka, banana

#### Introducción

El cultivo de banano tiene gran importancia en el sector agrícola y económico, siendo una de las fuentes más importante de ingresos para Ecuador. Este cultivo exige un constante control fitosanitario para poder ser aceptado en el mercado internacional. La enfermedad más agresiva y destructiva en el área foliar de las musáceas es la sigatoka negra, afecta directamente a la producción reduciendo el tamaño y peso del racimo (Cedeño et al., 2017).

Entre las patologías tradicionales del banano se menciona a sigatoka negra, mal de Panamá, moko o marchitez bacteriana y en pos cosecha la pudrición de la corona. Entre las plagas se cuenta la cochinilla y la araña roja (Redagricola, 2020).

La sigatoka negra es un hongo que apareció por primera vez en 1987 en Ecuador extendiéndose por todo el territorio nacional, su daño a las hojas provoca que el fruto no alcance los 20 cm de largo mínimo requerido para su exportación. Dicha enfermedad ha provocado las pérdidas de cultivos, en su afán de combatirla se han adoptado diferentes estrategias entre ellas el “tumbado” para cambiarse a otro cultivo (FAO, 2012).

El clima es el principal detonante de la enfermedad, en la estación lluviosa hay mayor incidencia y severidad de la enfermedad, debido a temperaturas más altas y precipitación intensas, por ello la aplicación de fungicidas de acción sistémica es más continua. A diferencia, en la estación seca donde baja la presión en un promedio de 20° a 21° produciéndose menos inóculos y los ciclos de fumigación se extienden más (Orozco et al., 2008).

En el control químico se debe respetar las dosis marcadas en las etiquetas de los productos, evitando el uso de fungicidas con alto grado de propensión a generar resistencia y eligiendo el equipo de aplicación calibrado adecuadamente.

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es una de las enfermedades más importante del banano, el agente causal es un hongo hemibiotrófico, que destruyendo en su totalidad el área foliar de la planta, provocando maduración prematura del fruto y tamaño reducido del racimo (Stover, 1980).

Para (Morocho, 2015), la severidad de Sigatoka se debe determinar haciendo evaluaciones semanales o quincenales, utilizando el método de Stover modificado por Gauhl, el cual estima visualmente el área total afectada de cada hoja de las plantas próximas a floración. Esta escala incluye seis grados que toman en cuenta las hojas presentes, excepto la bandera y las hojas agobiadas. Con dicho método se dará a conocer la situación sanitaria de la plantación, en el cual evaluará los niveles de infección de 10% hasta 50%.

El índice de daño, incide significativamente en la etapa de floración, sin embargo, cuando los racimos están por ser cosechados se puede tratar la infección (Almodóvar & Díaz, 2007).

Las aspersiones con plaguicidas es la base de un cultivo productivo, está comprende desde la preparación del terreno para eliminar malezas hasta la aspersión de insecticidas y fungicidas para el control de plagas y hongos que pueden causar serios daños a los cultivos (Javier & Briones, 2017).

Las aeronaves fumigadoras son eficientes y con menos desperdicio de pesticidas, convirtiéndose en un equipo con un alto rendimiento de agroquímicos a medida que protege al medio ambiente. (Aguilar, 2018)

Agricultura de precisión es un concepto que tiene como fin optimizar el manejo de la producción agrícola tomando en cuenta el agroecosistema, aplicando la cantidad adecuada de insumos, en el momento y lugar exacto. Utiliza herramientas como GPS con sensores planta-clima-suelo e imágenes multispectrales provenientes de satélites (UAS/RPAS) (Díaz, 2015).

Los equipos agrícolas actualmente poseen un 70% de precisión, los cuales ayudan a conocer con exactitud parámetros como siembra, altitud, posicionamiento global que contribuyen con la flora y fauna (BBVA, 2018).

La agricultura 4.0 o llamada agricultura de precisión, se encuentra entrando en Ecuador con los beneficios a los productores que esta genera, teniendo información precisa en menor tiempo reduciendo así los costos y el incremento de la producción cuidando la salud de las personas (Pacheco Prado & L, 2017).

En la actualidad hay varios cultivos que están siendo monitoreados por una información georreferenciada, con diferentes modelos de drones. Esta investigación busca demostrar la eficiencia de implementar este tipo de tecnología en plantaciones bananeras para el control más efectivo de la enfermedad.

Dron o UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Vuelo tripulado a distancia sin presencia humana en la aeronave (William Megarry, 2018).

Los UAV son vehículos aéreos que poseen un motor, el cual no transporta ningún operador humano, su funcionalidad se logra por las fuerzas aerodinámicas, su vuelo puede ser de forma autónoma o remotamente recuperables (Terms, 2016).

La utilización de los drones ofrece una fumigación focalizada con precisión, mejorando la efectividad del pesticida, amigable con el medio ambiente y las personas en el entorno. Esta tecnología se está dando a conocer entre pequeños y medianos productores, siendo el principal inconveniente integrar esta tecnología como método de fumigación sostenible, está siendo utilizado en actividades militares, civiles, medioambiente, agrícola y otros (Vargas Ramírez, 2018).

El uso de drones en el sector agrícola del Ecuador está avanzando con paso firme en instituciones

públicas y privadas con la idea de actualizar y difundir conocimientos en la población de esta herramienta con sus alcances en la producción y costos (Rafal Perz, 2018).

Por lo antes expuesto la presente investigación tuvo como objetivo general realizar un estudio sobre la eficiencia de las fumigaciones con dron para el control de Sigatoka Negra en el cultivo de banano.

De forma específica evaluar la cobertura de los fungicidas aplicados mediante el uso de dron; evaluar la incidencia y severidad del área foliar infectada por Sigatoka negra utilizando la escala de STOVER y realizar un levantamiento de encuestas con el fin de determinar la actitud del productor bananero para adoptar la nueva tecnología.

#### **Materiales y métodos**

El presente trabajo se desarrolló al sur oeste de la provincia de Los Ríos en el km 1,5 de la vía Vinces- Palestina, en las instalaciones del Centro de Apoyo Vinces de la Universidad de Guayaquil. Posee coordenadas UTM (WGS 84) 637455 E; 9827321 N; la investigación se realizó durante la época seca entre los meses de junio - agosto de 2022.

**Características edafoclimáticas:** El cantón Vinces se encuentra a 21 msnm, posee un clima tropical con una pluviosidad anual entre 1000 a 2000 mm en temporada invernal (diciembre-mayo) y en temporada seca (junio-noviembre) el climas fluctúa entre 24° - 30° C. La topografía es casi totalmente plana, con un tipo de suelo limo arenoso arcilloso con permeabilidad alta (Chávez Reyes, 2013).

Es el tercer cantón de la provincia de Los Ríos con mayor población que oscila entre los 71 736 habitantes y con una superficie de 709,6 km<sup>2</sup>; tiene 3 437,81 ha, correspondiendo el 4,85% de cobertura al cultivo de banano (CEGESTOR, 2012).

**Suministros y equipos utilizados:** Marcadores permanentes, bolígrafos, papel hidro sensibles, papel bond, porta hojas, clips, banderas de plástico, escalera de madera, fungicidas, aceite agrícola, emulsificante, guantes, lupa, overol para fumigación, gafas protectoras, mascarilla para fumigación, Dron DJI AGRAS T16, baterías recargables, generador de energía, celular, laptop e impresora.

**Recursos externos:** Para comenzar con el trabajo de recopilación de datos se solicitó información cartográfica al Instituto Geográfico Militar, el mismo que contaba con placas alrededor del terreno en estudio, lo que permitió obtener datos más exactos de la ubicación. Se solicitó la Carta Geográfica con numeración CT-NIV-C3, 3689-III SERIE J721 que corresponde al área de Palestina.

**Monografía Placa IGM:** Para el control topográfico se utilizó en el área de proyecto el vértice geodésico del Instituto Geográfico Militar (IGM) Red SIRGAS. Nombre del punto XV-L1-7. Código de registro en el IGM: 6090. Coordenadas UTM Aproximadas: 9827225 N; 637817 E; Zona 17 S: Cota:22.7314 Ubicación: Al costado S.E. del puente sobre el río "Vinces". El punto anterior se halla a 1,7 Km de distancia.

Encuesta: Se aplicó un cuestionario de 12 preguntas a 25 productores de banano que forman parte de la Asociación de Pequeños y Medianos Productores de Banano de Vinces (ASOPBAVIN), con el fin de recaudar información sobre la utilización de drones para el control de la enfermedad sigatoka negra.

Se utilizó la herramienta Excel. Una vez que se ingresó la información, se elaboraron gráficos demostrativos procediendo a verificar los resultados bajo el modelo de investigación descriptiva.

**Cobertura del dron:** Para realizar el estudio de cobertura se utilizó papel hidro sensible de la marca Syngenta de 52 x 76 mm, colocando tres unidades aleatoriamente en la hoja dos de la plantación antes de la fumigación con productos sistémicos y protectantes, a una altura de tres metros encima del cultivo, teniendo un ancho de faja de seis metros. El área de investigación estuvo conformada por una superficie de 1 hectárea de banano. **Recolección de datos:** Al final de cada fumigación se recolectaron y guardaron en bolsas plásticas de cierre hermético, las tarjetas hidrosensibles con datos correspondientes, para evitar así que las muestras presenten alteraciones en el resultado. También necesitamos de un soporte de cartón al momento de colocarlos en la hoja de banano.

Se contabilizó las gotas de cada papel hidro sensible recolectado en 1 cm<sup>2</sup> con la aplicación de celular llamada Cuthill HydroReader donde fueron escaneados encima de un papel bond blanco para mayor exactitud, logrando conseguir el número de impactos.

**Monitoreo de Sigatoka negra:** El estudio se realizó en campo, recolectando información a los 10 días después de la fumigación con dron, la evaluación fitosanitaria tomo como referencia la escala de incidencia y severidad desarrollada por Stover (1971), posteriormente modificada por Gauhl (1989). Donde se estimó el nivel de daño de forma visual realizando un conteo de hojas para posteriormente colocarlas en contraluz destacando las machas o alguna estría visible (Figura 1), se calculó el porcentaje de hoja de acuerdo a los seis grados que presenta la escala de Stover. Este procedimiento se ejecutó en diez plantas de forma aleatoria, próximas a floración entre 10 a 11 semanas fisiológicas (periodo de floración), ubicadas en forma aleatoria a lo largo y ancho de la plantación.

En la evaluación se consideró todas las hojas con excepción de la hoja candela y hojas en completo estado necrótico o con algún corte o cirugía. El conteo empezó de derecha a izquierda de arriba hacia abajo.

En el estudio de Severidad e Incidencia se destacó los siguientes parámetros.

- Hojas por planta (HP): Para obtener el resultado de HP se sumó las hojas evaluadas para luego dividir por el total de plantas evaluadas.
- Hoja más joven afectada (HMJA): Se consideró desde la hoja más cercana a la hoja candela que presente síntomas.
- Porcentaje de área foliar afectada (AFA): Se estimó al sumar el valor de todos los grados (1 a 6).
- Porcentaje de área foliar sana (AFS): Se determinó restando el valor total de los grados (1 a 6) con el valor del grado 0 (sin síntoma de daño).
- Porcentaje de hojas infectadas por cada grado (Método de Stover): Se determinó dividiendo el total de hojas en cada grado entre el número total de hojas para luego multiplicarlo por 100.
- Promedio ponderado de infección (PPI): Este cálculo se lo efectuó con la siguiente fórmula:

$$PPI = \frac{\text{Suma de (\% hojas en cada grado} \times \text{grado respectivo)}}{100}$$

El PPI significa el índice de daño en la planta, cabe recalcar que se debe tener de 8 a 9 hojas sanas con ello se obtenga un racimo en condiciones adecuadas, tomando en cuenta que falten de 7 a 8 semanas para la cosecha.

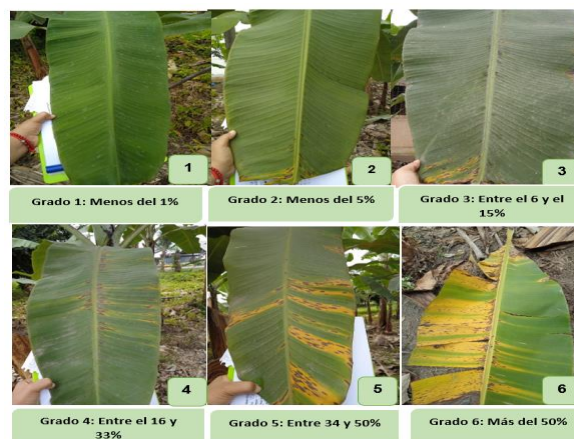


Figura 1. Escala de Stover por grados

**Equipo y características técnicas:** Se describen en la tabla 1.

**Tabla 1. Características técnicas del dron utilizado.**

MODELO	DRON DJI AGRAS T16
CAPACIDAD	16 litros
COBERTURA/AUTONOMÍA	2 ha/ 1 batería/15 min
COBERTURA/HORA	10 ha/1 hora
COBERTURA/DÍA	60 ha/día
VELOCIDAD DE ASPERSIÓN	5 m/s a 8 m/s
N. BOQUILLAS	8
ANCHO DE FUMIGACIÓN	4-6,5 m (8 boquillas a una altura de 1,5 – 3 m sobre cultivos)
TIEMPO DE CARGA POR BATERÍA	20 min
TIEMPO DE VUELO	18 min (Peso de despegue de 24 kg con batería de 17500 mAh) / 10 min (peso de despegue de 39,5 kg con batería de 17500 mAh)
RANGO DE DISTANCIA	3 km
ALTITUD (MSNM)	2000
ALTURA SOBRE SUPERFICIE	2-3 m
PESO SIN CARGA	18,5 kg.
PESO CON CARGA	41 kg
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	0-40°C
GOTAS POR cm <sup>2</sup>	60-80
MODELOS DE BOQUILLAS	XR11001VS (estándar),
TASA DE PULVERIZACIÓN MÁXIMA	XR11001VS: 3,6 l/min,
TAMAÑO DE GOTA	XR11001VS: 130 - 250 µm
VELOCIDAD MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO	7 m/s
VELOCIDAD MÁXIMA DE VUELO	10 m/s (con fuerte señal GNSS)

Fuente: Sheyla Narcisa Arriaga-García

**Preparación de productos químicos:** Para la mezcla previo a la fumigación se consideró las dosis por hectárea de cada producto, se realizaron cinco ciclos de fumigación alternando sistémicos y protectantes. En la primera campaña (Tabla 2), se procedió a efectuar un “coctel” con dos fungicidas sistémicos de acción concentrada emulsionable (Pamona - Siganax) donde se les adicionó emulsificante, aceite agrícola y 12,9 litros de agua.

**Tabla 2. Primera campaña**

NOMBRE COMERCIAL	COMPONENTE ACTIVO	DOSIS L/ha
Pamona	Propiconazole	0,4 L/ha
Siganex	Pyrimethamil	0,5 L/ha
Banole	Aceite mineral parafínico	2 L/ha
Terco	Alquilariletoxilatos y Trioleato de Sorbitol	0,2 L/ha

Fuente: Sheyla Narcisa Arriaga-García

En la segunda y tercera campaña (Tabla 3), se aplicó un fungicida protectante de suspensión concentrada donde se lo disolvió en 14,5 litros de agua, hasta obtener una solución homogénea.

**Tabla 3. Segunda y tercera campaña**

NOMBRE COMERCIAL	COMPONENTE ACTIVO	DOSIS L/ha
Bravo 720	Chlorothalonil	1,5 L/ha

Fuente: Sheyla Narcisa Arriaga-García

En la cuarta campaña (Tabla 4), se procedió a colocar fungicidas sistémicos, usando otro componente activo, se adicionando aceite agrícola, emulsificante y 11,4 litros de agua para una mezcla soluble de fácil aspersión.

**Tabla 4. Cuarta campaña**

NOMBRE COMERCIAL	COMPONENTE ACTIVO	DOSIS L/ha
Pamona	Propiconazole	0,4 L/ha
Mancozin	Mancozeb	2 L/ha
Banole	Aceite mineral parafínico	2 L/ha
Terco	Alquilariletoxilatos y Trioleato de Sorbitol	0,2 L/ha

Fuente: Sheyla Narcisa Arriaga-García

En la quinta campaña (Tabla 5) se aplicó un fungicida protectante junto con un abono foliar

para disminuir las deficiencias nutricionales del cultivo, se utilizó 13,5 litros de agua.

**Tabla 5. Quinta campaña**

NOMBRE COMERCIAL	COMPONENTE ACTIVO	DOSIS L/ha
Bravo 720	Chlorothalonil	1,5 L/ha
Metalosato Multimineral	Calcio, Magnesio, Zinc, etc.	1 L/ha

Fuente: Sheyla Narcisa Arriaga-García

Tiempo recorrido del dron: Se efectuó un vuelo de ocho minutos cubriendo el área en su totalidad. La velocidad de pulverización se realizó a 7 m/s, a tres metros de altura del área foliar, con un ancho de faja de seis metros.

Fase Preliminar: En primera instancia, el técnico procedió a realizar el plan de vuelo, conectándose automáticamente con los satélites al encenderse el control que manipula el dron. Posteriormente se recogió los puntos del área establecida, con la cámara integrada sobrevolando el área. Una vez realizado el plan de vuelo, se configuró la altura, el ancho de faja, la dirección de los pases, velocidad y descarga. La preparación de los tratamientos fue mientras se realizaba el plan de vuelo.

Fase Intermedia: Ya establecidos los parámetros adecuados para realizar la aspersión, se colocó la batería del dron y se insertó el contenedor con las dosis correspondientes de pesticidas, antes de sobrevolar se hizo una prueba de boquillas para prevenir que no estén obstruidos, se estableció el plan de vuelo para despegar el dron de su lugar de partida.

Fase final: Se realizó un vuelo de ocho minutos, en el área de la investigación, se aplicó los fungicidas con una frecuencia de 14 días entre aplicaciones.

**Resultados y discusión**

**Cobertura de fungicida aplicado:** Se observa en (Tabla 6) los parámetros analizados para destacar la cobertura que tuvo el dron al momento de la pulverización, en los cuales estuvo el tipo de fungicida utilizado, el número de gotas/  $cm^2$ , el promedio de gotas /  $cm^2$ , número de ciclos y el rango de gotas para pulverización exigido.

Los fungicidas de contacto obtuvieron un promedio de 62 gotas por /  $cm^2$  y los sistémicos 32 gotas por /  $cm^2$ . En ambos fungicidas el porcentaje obtenido se acopla a los establecidos (Quintana,2020). Según Larragueta (1985), se requiere una cobertura mínima de 50 gotas/  $cm^2$

en fungicidas de contacto, en cambio en los productos sistémicos resulta suficiente que solo una parte de la hoja reciba el fungicida, estos se translocan dentro de la planta.

**Tabla 6. Cobertura de gotas por cm<sup>2</sup>.**

TIPO DE FUNGICIDA	NO. DE GOTAS/cm <sup>2</sup>	PROMEDIO cm <sup>2</sup>	RANGO DE GOTAS
PROTECTANTE (CAMPAÑA 2)	71	62	50-70
	55		
	59		
SISTÉMICO (CAMPAÑA 1)	24	32	30-40
	34		
	37		

**Área foliar afectada por Sigatoka negra:** Se realizó un diagnóstico (Tabla 7) de 10 plantas en total, en los cinco ciclos de fumigación, con un promedio de 437 hojas, donde el área foliar afectada inicialmente fue el 59,18%. El último control se obtuvo un 27,27% de infección por la enfermedad. El resultado muestra una diferencia del 26% menos de infección luego de la pulverización con drones.

El porcentaje inicial del área foliar sin daños fue 40,80%, luego del ultimo control se mostró un incremento del 32% consiguiendo un total del 72,73% de hojas sanas. Se comprobó la eficacia de las aspersiones con drones para bajar los niveles infecciosos de la enfermedad, protegiendo las hojas nuevas. Según (Infante Noblecilla, 2017), no hay que combatir la enfermedad sino mantenerla en niveles muy bajos de infección.

**Tabla 7. Área foliar con y sin daños en porcentaje.**

FECHA/CONTROL	GRADOS DE ENFERMEDAD							CICLOS/HOJAS INFECTADAS
	0	1	2	3	4	5	6	
PORCENTAJE INICIAL	40,80	12,24	7,14	18,40	7,14	14,30	0	-59,18
4-jul-22	43,30	13,33	7,78	20,00	5,56	10,00	0	-56,67
18-jul-22	49,40	16,47	8,24	18,80	3,53	3,53	0	-50,59
1-ago-22	49,50	7,69	14,30	19,80	6,59	2,20	0	-50,55
15-ago-22	54,22	21,69	3,61	15,66	4,82	0	0	-45,78
29-ago-22	72,73	20,45	5,68	1,14	0	0	0	-27,27
PORCENTAJE DE HOJAS INFECTADAS								-27,27

En las tablas 8 y 9, están los promedios de hojas por planta, siendo nueve hojas al inicio y al final del estudio. Las hojas más jóvenes afectadas fue la 4,90 en el primer control y en el ultimo la 7,40, es decir la plantación cuenta con 7,40 hojas funcionales antes de la floración lo que no permitiría el crecimiento de un buen racimo. El promedio ponderado de infección fue 1,61 en el primer control y 0,56 en el último. El PPI establece la incidencia y severidad que ha tenido

la plantación por la infección de Sigatoka negra. Si el valor del PPI es mayor, la severidad de la enfermedad será más elevada. Por ende, implementar controles cuando el PPI esté por debajo de 0,5 para evitar daños en el fruto (Orozco et al., 2013).

**Tabla 8. Primer control basado en método de Stover.**

PARÁMETROS	PROMEDIO
Hojas por plantas (H/P)	9
Hojas más jóvenes afectada (HMJA)	4,90
Promedio ponderado de infección (PPI)	1,61

**Tabla 9. Último control basados en el método de Stover**

PARÁMETROS	PROMEDIO
Hojas por plantas (H/P)	8,74
Hojas más jóvenes afectada (HMJA)	7,40
Promedio ponderado de infección (PPI)	0,56

En la Tabla 10 se describe el área foliar en grado 0 (sin síntomas) con un porcentaje inicial de 40,80%, en el último control se alcanzó un 72,73% de hojas en grado 0. Para el grado 1 (10 manchas por hoja) en el primer control presentó un 12,24%, en el último se logró un 20,45%, este grado es manejable para que la enfermedad no avance y perjudique la calidad del racimo.

Los grados 2, 3, 4 y 5 suman un porcentaje de afectación foliar del 47% en el primer control, en el último se evidenció un 7%. Lo que resulta una diferencia del 40% menos de severidad en la plantación. Para (Tomala Chimbo, 2022) la fumigación en plantaciones bananeras con drones y avionetas es un método eficaz para el control de Sigatoka negra, el cual aumentó un número de hojas libres de estrías a los 70 días con un promedio de 8,05

**Tabla 10. Porcentaje de área foliar afectada por cada grado.**

FECHA/CONTROL	GRADOS DE ENFERMEDAD						
	0	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE INICIAL	40,80	12,24	7,14	18,40	7,14	14,30	0
4-jul-22	43,30	13,33	7,78	20,00	5,56	10,00	0
18-jul-22	49,40	16,47	8,24	18,80	3,53	3,53	0
1-ago-22	49,50	7,69	14,30	19,80	6,59	2,20	0
15-ago-22	54,22	21,69	3,61	15,66	4,82	0	0
29-ago-22	72,73	20,45	5,68	1,14	0	0	0

Análisis económico: En la Tabla 11, se compara los gastos del servicio de dron y motobomba, donde se observó una diferencia de costos de cada servicio por hectárea; tomando en cuenta la operación y los costos por área a fumigar, con dron es \$ 22,00 a partir de dos hectáreas, sin embargo a mayor extensión es menos el valor monetario, en este caso correspondería a \$18 lo mínimo a partir de cinco hectáreas.

El costo de alquiler de la motobomba es \$ 20 y la persona que la ópera es \$10 que dan un total de \$30,00. El gasto final de asperjar con dron alcanza un monto de \$110,00 por cinco ciclos, en lo que es motobomba el gasto total es \$150,00 con el mismo número de ciclos; estos resultados evidencian una ventaja de rentabilidad a favor del dron.

El costo de la pulverización con motobomba supera al dron en \$40,00 equivalentes al 36,4%. (Tomala Chimbo, 2022) en su investigación concluye al comparar precios, que las aplicaciones con dron vendrían a ser más económico en menor escala de fumigación.

**Tabla 11. Comparación del Uso de dron y motobomba.**

DESCRIPCIÓN	DRON		MOTOBOMBA
	2-5 hectáreas	>5 hectáreas	
Costo de servicio/ha \$	22,00	18,00	30,00
Hectáreas evaluadas	1	1	1
Costos unitarios	22,00	18,00	30,00
Campañas	5	5	5
Costos totales	110,00	90,00	150,00

Los resultados de las encuestas aplicadas a los productores de la Asociación de Pequeños y Medianos Productores de Banano de Vinces (ASOPBAVIN), muestran lo siguiente:

**Preguntas 1:** ¿Confía en el tipo de fumigación que implementa actualmente para combatir la Sigatoka negra?

En la tabla 12, se presenta la confiabilidad que muestran los productores a las fumigaciones, en el 52% la respuesta fue afirmativa, es decir, si confían en el tipo de fumigación que usan en la actualidad, mientras el 44% se mostró menos confiado y un 4% respondió de forma negativa. Estos resultados dan a entender que los sistemas de fumigaciones implementados no les satisfacen

del todo a los productores, por ello se podría optar por nuevas tecnologías de pulverización.

**Tabla 12. Nivel de confianza sobre métodos actuales de aspersión de los químicos.**

Respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Si	13	52
No	1	4
Un poco	11	44
Total	25	100

**Pregunta 2:** ¿Que influye para escoger su método de fumigación actual?

En la tabla 13, se muestra los factores que influyen mayoritariamente en la selección del método de pulverización, encontrándose como primer factor la cobertura con el 32%, seguido de recomendaciones con el 28%.

**Tabla 13. Factores que influyen en la selección del método de aspersión.**

Respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Costo	5	20
Recomendaciones	7	28
Tiempo	5	20
Cobertura	8	32
Resultados de control	0	0
Total	25	100

**Pregunta 3:** En las áreas sensibles de su plantación ¿Qué método usaría usted como reemplazo para el control de Sigatoka negra?

En la tabla 14, se observan dos opciones para el reemplazo de fumigación en zonas sensibles, donde el 52% lo realizaría motobomba y el 48% con dron. Los productores están dando cabida a la nueva tecnología que ha futuro sería la mejor opción.

**Tabla 14: Método de reemplazo para zonas sensibles.**

Respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Motobomba	13	52
Dron	12	48
Total	25	100

**Pregunta 4:** ¿Qué valor usted invierte en fumigar por hectárea?

La tabla 15, muestra el valor monetario que invierte el productor en contratar servicios de fumigación, el 24% invierte entre \$10 a \$15, el 44% entre \$15 a \$20 y el 32% entre \$20 a \$30

dólares. En los rangos establecidos, el mayor porcentaje ingresa en los costos que solicita el dron para realizar una fumigación

**Tabla 15: Valor invertido para aplicar los fungicidas**

Respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
\$10 a \$15	6	24
\$15 a \$20	11	44
\$20 a \$30	8	32
Total	25	100

**Pregunta 5:** ¿Reemplazaría usted el método de fumigación actual por aplicaciones con drones en su plantación?

La tabla 16, hace referencia a la intención de reemplazar los equipos de fumigaciones tradicionales por drones, el 80% de los encuestados su respuesta fue positiva y el 20% no lo reemplazaría y seguiría con el método de fumigación tradicional.

Las encuestas previas nos indican que la fumigación con motobomba puede ser fácilmente reemplazada por la fumigación con dron, ya que esta ofrece un alto grado de eficiencia a un menor costo y se aplica en un menor tiempo. Esto ofrece al productor la posibilidad de reducir los costos de producción, y a su vez incrementar el margen de ganancia por caja de banano producida.

**Tabla 16. Intención de reemplazo en sistemas de aspersión actuales.**

Respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Motobomba	20	80
Dron	5	20
Total	25	100

**Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. El grado de eficiencia, cobertura y control de severidad en la enfermedad, fue favorable con el uso del dron.
2. Los grados de severidad disminuyen para obtener una plantación con buena sanidad, lográndose controlar la enfermedad y mantener las nuevas hojas libre de daño.
3. Económicamente el uso dron es más rentable que la motobomba, el uso de esta tecnología permite ahorrar tiempo, pesticidas y dinero.
4. Las encuestas reflejan que hay productores implementando este sistema de fumigación y

otros están dispuestos a reemplazar sus métodos tradicionales de fumigación por el uso de dron.

**Agradecimiento**

A las autoridades de la Universidad de Guayaquil representadas por el Dr. Francisco Morán Peña Rector, y Dra. Sofía Lovato Torres Vicerrectora Académica; así como a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias representadas por la Dra. Martha Mora Gutiérrez Decana, y Mgs. Leticia Vivas Vivas Subdecana. De igual manera a todo el personal que labora en el Centro de Apoyo Vincos de la Universidad de Guayaquil.

**Referencias bibliográficas**

Aguilar, J. (2018). *Control de la sigatoka negra Mycospahrerella fijiensis morelet con dos sistemas de atomización área en una finca orgánica. En Tesis de grado (pág. 22). Universidad Técnica de Machala. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12425>*

Almodovar, W., & Diaz, M. (2007). *Identificación y manejo de Sigatoka y otras enfermedades de plátano y guineo. n [http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj276/Manual\\_ID\\_y\\_MIP\\_de\\_SN\\_y\\_Enferm\\_Plant\\_y\\_Guineo.pdf](http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj276/Manual_ID_y_MIP_de_SN_y_Enferm_Plant_y_Guineo.pdf). IICA-CATIE.*

BBVA. (14 de Julio de 2018). BBVA. <https://www.bbva.com/es/dilemas-eticos-sociedad-drones/>

Cedeño, G., Suarez, C., Vera, D., Fadda, C., Jarvis, D., & Santis, P. (2017). *Detección temprana de resistencia a Mycosphaerella fijiensis en genotipos locales de Musaceas en Ecuador. Scientia Agropecuaria, 8(1), 29 – 42.*

CEGESTOR. 2012. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Vincos. gobierno autónomo descentralizado del cantón Vincos: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1260001030001\\_PDOT%20GAD%20VINCOS%202015\\_04-04-2016\\_17-05-19.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1260001030001_PDOT%20GAD%20VINCOS%202015_04-04-2016_17-05-19.pdf)*

Chávez Reyes, F. A. (2013). *Diseño de un mercado para el sector norte de la ciudad de Vincos. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <file:///C:/Users/lachi/Desktop/T-UCSG-PRE-ARQ-CA-202-T.1.pdf>*



- Díaz, J. (2015). "Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión.". Universidad Complutense de Madrid.
- FAO. 2012. La "sigatoka negra" afecta a un tercio de la producción bananera de Ecuador. El Telégrafo. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/494117/#:~:text=La%20sigatoka%20negra%20es%20una,%20contrarrestada%20la%20merma%20totalmente.>
- Infante Noblecilla, C. J. (2017). Unidad académica de Ciencias Agropecuarias. Efecto de la aplicación de fungicidas sistémicos y protectantes en el control de sigatoka negra en cuatro fincas bananeras: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10521/1/DE00002\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10521/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf)
- Javier, F., & Briones, F. (2017). "Estudio de mercado para la importación de drones de fumigación con el fin de ofrecer el servicio en el sector agrícola especialmente en cultivos de arroz, de los cantones Santa Lucía, Daule y Nobol de la provincia del Guayas. Universidad del Pacífico. Universidad del Pacífico.
- Larragueta, O. (1985). Picos pulverizadores. (Boletín de Pulverizaciones, Agrícolas). Departamento de Ingeniería Rural, INTA Castelar- Barbuy S.A(2), 3.
- Morocho, M. (2015). Aplicación de fungicidas bajo condiciones simuladas de lluvia en una plantilla de banano musa sp. En el Guabo (en línea). Universidad Técnica de Machala: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1090/7/CD326\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1090/7/CD326_TESIS.pdf).
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Farías-Larios, J., & Moraes, W. D. S. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33, 189-196.
- Orozco, M., García, K., Manzo, G., Guzmán, S., Martínez, L., Beltrán, M., & Cando, B. (2013). LA SIGATOKA NEGRA Y SU MANEJO INTEGRADO EN BANANO. Campo experimental Tacoman-Mexico: SAGARPA, INIFAP, CIRPAC.
- Orozco, M., García, K., Manzo, G., & Salvador, G. (2013). La Sigatoka Negra y su manejo integrado en Banano. [https://www.academia.edu/20836805/La\\_Sigatoka\\_Negra\\_y\\_su\\_manejo\\_integrad](https://www.academia.edu/20836805/La_Sigatoka_Negra_y_su_manejo_integrad)
- Pacheco Prado, D., & L, A. (2017). *researchgate.net*. [https://www.researchgate.net/publication/320911797\\_Inventario\\_de\\_parques\\_y\\_jardines\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Cuenca\\_con\\_UAV\\_y\\_smartphones](https://www.researchgate.net/publication/320911797_Inventario_de_parques_y_jardines_de_la_ciudad_de_Cuenca_con_UAV_y_smartphones)
- Rafal Perz, K. W. (octubre de 2018). *researchgate.net*. UAV application for precision agriculture: [https://www.researchgate.net/publication/328159362\\_UAV\\_application\\_for\\_precision\\_a](https://www.researchgate.net/publication/328159362_UAV_application_for_precision_a)
- Quintana L, R. (2020). Agricultura de Precisión. Uso de Drones Fumigadores: Actualidad y Futuro. Ciclo de Charlas Virtuales "Herramientas para Adaptación al Cambio Climático en la Agricultura" (pág. 71). Quilamapu: Ministerio de Agricultura-Gobierno de Chile.
- Redagricola. (2020). Principales plagas y enfermedades del banano. <https://www.redagricola.com/co/principales-plagas-y-enfermedades-del-banano/>
- Terms, D. (2016). Department of Defense Dictionary of Military and Associated . [https://fas.org/irp/doddir/dod/jp1\\_02.pdf](https://fas.org/irp/doddir/dod/jp1_02.pdf)
- Tómala Chimbo, Y. (2022). Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TOMALA%20CHIMBO%20YOMIRA%20VER%203%2093NICA.pdf>
- Vargas Ramírez, N. (2018). [https://www.researchgate.net/publication/323583827\\_Antecedentes\\_del\\_uso\\_civil\\_comunitario\\_o\\_participativo\\_de\\_drones](https://www.researchgate.net/publication/323583827_Antecedentes_del_uso_civil_comunitario_o_participativo_de_drones)
- William Megarry, C. J. (2018). Debitage and Drones: Classifying and Characterising Neolithic Stone Tool Production in the Shetland Islands Using High Resolution Unmanned Aerial Vehicle Imagery. <https://www.researchgate.net/search.Search.html?type=publication&query=Debitage%20>