



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE FUMIGACIÓN CON DRON Y AVIONETA
PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis*
(SIGATOKA NEGRA) EN EL CULTIVO DE BANANO DE
VARIEDAD WILLIAMS
TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR

TOMALA CHIMBO YOMIRA VERÓNICA

TUTOR

ING. CENTANARO QUIROZ PAULO HUMBERTO, M.Sc

MILAGRO – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ING. CENTANARO QUIROZ PAULO HUMBERTO, M.Sc, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO DE FUMIGACIÓN CON DRON Y AVIONETA PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* (SIGATOKA NEGRA) EN EL CULTIVO DE BANANO DE VARIEDAD WILLIAMS, realizado por la estudiante TOMALA CHIMBO YOMIRA VERÓNICA; con cédula de identidad N°0941565459 de la carrera INGENIERÍA AGRONÓMICA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Milagro, 29 de Marzo del 2022



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DE FUMIGACIÓN CON DRON Y AVIONETA PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* (SIGATOKA NEGRA) EN EL CULTIVO DE BANANO DE VARIEDAD WILLIAMS”, realizado por la estudiante TOMALA CHIMBO YOMIRA VERÓNICA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. David Macias Hernández.
PRESIDENTE

Ing. Nuvia Moran Sánchez.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Rafael Plúas Pilozo.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Paulo Centanaro Quiroz.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 29 de Marzo del 2022

Dedicatoria

Dedico este Trabajo Experimental a Dios por todas las bendiciones y a las personas que merecen lo mejor de mí, este esfuerzo ha sido para Ustedes.

A mi esposo Luis Enrique Loor y mi hija Genesis Paulet Loor, por su apoyo incondicional; ellos son mi motivación para seguir adelante y no rendirme.

A mis hermanas por estar siempre conmigo y su apoyo infinito.

A mis padres, quienes me han estado apoyando en todo momento, Madre querida Glenda Agustina Chimbo Bajaña que hace poco partiste al Cielo y tú ausencia es muy triste, esta tesis especialmente está dedicada a Ud. que siempre creyó en mí, fuiste mi mas grande inspiración, mi motor y mis fuerzas para afrontar todo obstáculo de la vida; gracias por inculcarme valores y no rendirme jamás, por enseñarme las herramientas necesarias para poder luchar y no estancarme durante el camino.

Agradecimiento

Dra. PhD. Martha Bucaram, Rectora de la Universidad Agraria del Ecuador.

Dr. PhD. Jacobo Bucaram, Rector Fundador de la Universidad Agraria del Ecuador

Dr. Edma Jacome, MSc. Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador.

Tutor, Ing. Centanaro Quiroz Paulo Humberto, M.Sc. por su colaboración para la culminación del trabajo de experimental.

Todos los catedráticos de la Universidad Agraria del Ecuador de la sede Milagro, por su digna labor al brindarme sus enseñanzas, los cuales serán mi base principal para mi desenvolvimiento en el campo laboral y profesional.

A Incrops C. Ltda por permitirme elaborar el Trabajo experimental en su empresa, al Ing. Enrique Donoso por permitirme el acceso oportuno y así poder terminar mi tesis para poder concretar mi sueño académico.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo TOMALA CHIMBO YOMIRA VERÓNICA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE FUMIGACIÓN CON DRON Y AVIONETA PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* (SIGATOKA NEGRA) EN EL CULTIVO DE BANANO DE VARIEDAD WILLIAMS” para optar el título de INGENIERA AGRÓNOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, Marzo 29, 2022.

TOMALA CHIMBO YOMIRA VERÓNICA
C.I. 0941565459

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
1.7 Hipótesis	18
2. Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases teóricas	20

2.2.1 La planta de banano.....	20
2.2.2 Origen e importancia del cultivo.....	21
2.2.3 Taxonomía y aspectos botánicos	21
2.2.4 Variedad de Williams	22
2.2.5 Aspectos agronómicos.....	23
2.2.5.1 Fertilización.....	23
2.2.5.2 Clima.....	23
2.2.5.3 Suelo.....	24
2.2.5.4 Humedad	24
2.2.6 Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella Fijiensis</i>).....	24
2.2.6.1 Ecología y biología de la enfermedad	25
2.2.6.2 Evolución de la enfermedad.....	25
2.2.6.3 Fases de la enfermedad.....	26
2.2.7 Fumigación aérea del banano.....	26
2.2.7.1 Fumigación con avionetas	27
2.2.7.2 Fumigación con drones	27
2.3 Marco legal.....	27
3. Materiales y métodos	29
3.1 Enfoque de la investigación	29
3.1.1 Tipo de investigación.....	29
3.1.2 Diseño de investigación	29
3.2 Metodología	29
3.2.1 Variables	29
3.2.1.1. Variable independiente	29
3.2.1.2. Variable dependiente	29

3.2.1.2.1 Hojas libres de estrías	29
3.2.1.2.2 Porcentaje de Quema.....	29
3.2.1.2.3 Análisis costo beneficio	30
3.2.2 Tratamientos.....	30
3.2.3 Diseño experimental	30
3.2.4 Recolección de datos	31
3.2.4.1. Recursos.....	31
3.2.4.2. Métodos y técnicas	32
3.2.4.2.1 Método deductivo.....	32
3.2.4.2.2 Método inductivo.....	32
3.2.4.2.3 Técnica.....	32
3.2.5 Análisis estadístico.....	32
4. Resultados	34
4.1 Hoja libre de estrías	34
4.2 Porcentaje de quema de hojas.....	35
4.3 Cobertura de fungicida	36
4.4 Análisis económico de los tratamientos	37
5. Discusión	38
6. Conclusiones.....	40
7. Recomendaciones.....	41
8. Bibliografía.....	42
9. Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1. Severidad en hojas- escala de Stover.....	30
Tabla 2. Promedios de hojas libres de estrías	34
Tabla 3. Promedio del % de quema de hojas.....	35
Tabla 4. Promedios de cobertura de fungicida.....	36
Tabla 5. Análisis económico de tratamientos	37
Tabla 6. Datos de hoja libre de estrías (10 días).....	51
Tabla 7. Datos de hoja libre de estrías (20 días).....	52
Tabla 8. Datos de hoja libre de estrías (30 días).....	53
Tabla 9. Datos de hoja libre de estrías (40 días).....	54
Tabla 10. Datos de hoja libre de estrías (50 días).....	55
Tabla 11. Datos de hoja libre de estrías (60 días).....	56
Tabla 12. Datos de hoja libre de estrías (70 días).....	57
Tabla 13. Comparación estadística de hoja libre de estrías (10 días).....	58
Tabla 14. Comparación estadística de hoja libre de estrías (20 días).....	58
Tabla 15. Comparación estadística de hoja libre de estrías (30 días).....	58
Tabla 16. Comparación estadística de hoja libre de estrías (40 días).....	59
Tabla 17. Comparación estadística de hoja libre de estrías (50 días).....	59
Tabla 18. Comparación estadística de hoja libre de estrías (60 días).....	59
Tabla 19. Comparación estadística de hoja libre de estrías (70 días).....	60
Tabla 20. Datos del % quema de hoja (10 días)	61
Tabla 21. Datos del % quema de hoja (20 días)	62
Tabla 22. Datos del % quema de hoja (30 días)	63
Tabla 23. Datos del % quema de hoja (40 días)	64
Tabla 24. Datos del % quema de hoja (50 días)	65

Tabla 25. Datos del % quema de hoja (60 días)	66
Tabla 26. Datos del % quema de hoja (70 días)	67
Tabla 27. Comparación estadística del % quema de hoja (10 días)	68
Tabla 28. Comparación estadística del % quema de hoja (20 días)	68
Tabla 29. Comparación estadística del % quema de hoja (30 días)	68
Tabla 30. Comparación estadística del % quema de hoja (40 días)	69
Tabla 31. Comparación estadística del % quema de hoja (50 días)	69
Tabla 32. Comparación estadística del % quema de hoja (60 días)	69
Tabla 33. Comparación estadística del % quema de hoja (70 días)	70
Tabla 34. Datos de cobertura de fungicida	71
Tabla 35. Comparación estadística de cobertura de fungicida	72

Índice de figuras

Figura 1. Evaluación de hojas libre de estrías.....	34
Figura 2. Evaluación del % de quema de hojas	35
Figura 3. Evaluación de cobertura de fungicida	36
Figura 4. Dron utilizado en fumigaciones	72
Figura 5. Tarjetas hidrosensible por repetición T1	73
Figura 6. Tarjetas hidrosensible por repetición T2	73
Figura 7. Vista aérea del cultivo de banano	74
Figura 8. Muestras de severidad de la enfermedad	74
Figura 9. Daño de hojas a causa de <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	75
Figura 10. Aplicación de fungicidas a través del dron	75
Figura 11. Identificación de Sigatoka negra	76
Figura 12. Muestreo en campo de % de hojas.....	76
Figura 13. Muestras de estrías de hojas en campo	77
Figura 14. Residuos de aplicaciones en muestras de campo	77
Figura 15. Tarjetas de hipersensibilidad por evaluaciones	78
Figura 16. Visita de campo del tutor guía.....	78
Figura 17. Manejo del dron en campo.....	79
Figura 18. Monitoreo del dron en campo	79
Figura 19. Fumigación en campo.....	80
Figura 20. Finalización del ensayo experimental	80

Resumen

El presente ensayo experimental fue realizado en el cantón Yaguachi, Puente Payo km 35, Hacienda Tomas, Provincia del Guayas, en un cultivo establecido de banano en su cuarto y quinto ciclo. El objetivo general fue evaluar el efecto de la Fumigación con drones y avionetas en el cultivo de Banano William para el manejo de Sigatoka Negra en plantas jóvenes de 3 metros. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, considerando dos franjas, cuyo ancho será de 50 metros y 2000 metros de largo (15 hectáreas). Dentro de cada uno de estos lotes se realizó una selección aleatoria de 30 plantas jóvenes de 3 metros de altura sobre fue realizada la evaluación de las variables dependientes. De acuerdo al propósito del presente estudio, los tratamientos se basan en dos formas de aplicación de fungicidas para el manejo de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), bajo el uso de drones y avioneta tipo turbo, lo cual generó dos tratamientos en estudio. Las variables estudiadas fueron: hoja libre de estrías, porcentaje de quema de hojas, cobertura de fungicidas y análisis económico de tratamientos. Los resultados mostraron que en la variable hojas libres de estrías y porcentaje de quema la comparación de promedios fue similar, lo cual redujo dichos síntomas en la planta. En cuanto a la cobertura, la fumigación por avioneta presentó mayor diámetro con 89,60 metros. Sin embargo, la comparación de costos entre tratamientos, el valor del uso de avionetas fue mayor, al del tratamiento por fumigaciones por medio de drones.

Palabras clave: avioneta, banano, dron, *Mycosphaerella fijiensis*, Sigatoka Negra.

Abstract

The present experimental trial was carried out in the Yaguachi canton, Puente Payo km 35, Hacienda Tomas, Guayas Province, in an established banana crop in its fourth and fifth cycles. The general objective was to evaluate the effect of Fumigation with drones and airplanes in the cultivation of Banano William for the management of Black Sigatoka in young plants of 3 meters. An experimental design of completely randomized blocks was used, considering two strips, whose width will be 50 meters and 2000 meters long (15 hectares). Within each of these lots, a random selection of 30 young plants of 3 meters in height was made on which the evaluation of the dependent variables was carried out. According to the purpose of the present study, the treatments are based on two forms of fungicide application for the management of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*), under the use of drones and turbo-type aircraft, which generated two treatments under study. The variables studied were: streak-free leaf, percentage of leaf burning, fungicide coverage and economic analysis of treatments. The results showed that in the variable leaves free of stretch marks and percentage of burning, the comparison of averages was similar, which reduced said symptoms in the plant. Regarding coverage, the fumigation by plane had a greater diameter with 89.60 meters. However, the comparison of costs between treatments, the value of the use of airplanes was greater, than that of the treatment by fumigations by means of drones.

Keywords: light aircraft, banana, drone, *Mycosphaerella fijiensis*, Black Sigatoka.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El banano es un cultivo de gran importancia en el sector agrícola del país, es decir es una de las fuentes de ingresos principales del estado ecuatoriano, siendo un cultivo de exportación este requiere de manuales y normas para cumplirse en su tratamiento para que sea aceptable en el mercado internacional. La planta de banano como cualquier otra especie son susceptibles a enfermedades, entre una de ellas tenemos la enfermedad de la Sigatoka Negra, considerada una enfermedad foliar agresiva y destructiva para la planta, el cultivo infectado no tratado puede reducir hasta el 100% de la producción con efecto del 50% de reducción del tamaño del racimo.

Esta enfermedad Sigatoka negra es causada por el patógeno *Mycosphaerella fijiensis*, la cual se propaga en todo el mundo y es uno de los mayores problemas que presentan las bananeras a nivel mundial. Esta enfermedad se desarrolla bajo las condiciones propicias que facilitan su propagación, como en regiones tropicales y subtropicales (Benavides, 2019).

Sin embargo, se ha tratado reducir la propagación de dicho patógeno sin tener éxito. Es así, en el año 1988 y 1989 de manera agresiva infecto a plantaciones de plátano y banano con un 90% de daños a causa de Sigatoka (Rivas, 2018).

Una alternativa para la reducción de daños y la propagación de la Sigatoka negra en el banano es el uso de concentraciones agrícolas bajo la aplicación aérea, lo cual interfiere en la propagación de la enfermedad y mantiene más tiempo la hoja de banano libre de Sigatoka. Esto se corrobora con otros autores que, para mantener la calidad de la fruta debe tener un número de hojas límite limpias de dicha enfermedad (Álvarez, 2016).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La sigatoka negra es una enfermedad que ataca al cultivo de banano de manera agresiva, lo cual, si no se puede controlar a tiempo, genera pérdida de producción. Una alternativa confiable que recomiendan los técnicos es el manejo de fumigaciones aéreas y terrestre. En la vía terrestre se usa al ser humano como medio de transporte para la práctica de campo mientras la fumigación aérea se puede realizar por medio de avioneta o drones. Esta práctica más común en la mayoría de las bananeras del Ecuador es utilizar como instrumento la avioneta, pero al implementar esta práctica deben tener en cuenta el cumplimiento del artículo 19 del reglamento Interministerial para el Saneamiento Ambiental, registro oficial número 431, donde establece que “debe existir una franja de seguridad de 200 metros en el perímetro de los cultivos aledaños a las zonas pobladas, centros educativos, centros de salud, centros recreativos al aire libre y cuerpos de agua destinados para consumo humano” debido a lo antes mencionado, el uso de avionetas y drones son nombrados en las diferentes bananeras del país, por lo que esta investigación nos conlleva a evaluar la eficacia de fumigación con drones y avionetas en el control de la enfermedad de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano William en plantas de 3 metros, en la hacienda Tomas del cantón Yaguachi, Sector Puente Payo Km 35, vía al Triunfo.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la eficacia de la fumigación con drones y avionetas en el control de la enfermedad Sigatoka Negra en el cultivo de banano de variedad William en plantas jóvenes de 3 metros, de la hacienda Tomas del cantón Yaguachi, Puente Payo Km35?

1.3 Justificación de la investigación

El Ecuador debido a su ubicación geográfica es óptimo para el manejo de diversos cultivos como es el caso del banano de variedad Williams, así como posee una zona favorable para las plantaciones, también posee un clima portador ciertas enfermedades, entre ellas tenemos a la Sigatoka Negra, producida por el agente causal (*Mycosphaerella fijiensis*), este hongo necesita control riguroso y la manera tradicional realizar controles a través de fumigaciones terrestres y aéreas. Por lo tanto, este estudio presenta la eficacia de dos tipos de aeronaves agrícolas utilizada en la fumigación; la avioneta y el dron, con el objetivo de poder comparar la eficacia de cobertura que cumple cada una para combatir este hongo.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Cantón Yaguachi, Puente Payo Km 35, Hacienda Tomas
- **Tiempo:** 5 ciclo y 4 ciclos
- **Población:** Cultivo de banano

1.5 Objetivo general

Estudiar el efecto de la fumigación con drones y avionetas en el cultivo de banano Williams para el manejo de Sigatoka Negra en plantas jóvenes de 3 metros, de la hacienda Tomas del cantón Yaguachi, sector Puente Payo Km 35

1.6 Objetivos específicos

- Determinar la eficacia de fumigación con drones y avionetas.
- Comparar el comportamiento del cultivo de banano en base a los tratamientos del estudio.
- Cuantificar la cobertura después de la fumigación con drones y avioneta.
- Establecer un análisis económico en tratamiento en base a costo- beneficio.

1.7 Hipótesis

Al menos con una de las dos coberturas dron y avioneta; tendrá eficacia para controlar los niveles de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano en plantas jóvenes de 3 metros de la hacienda Tomas del cantón Yaguachi, sector Puente Payo Km 35.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Álvarez (2016), en su trabajo experimental señala que una apropiada concentración de productos agrícolas de forma aérea, mantiene más tiempo las hojas de banano libres de Sigatoka negra, además, un promedio de ocho hojas sanas debe mantenerse para considerarse una planta y fruto de calidad.

Rivas (2018), mostró eficacia y efectividad en los tratamientos que aplicó con el uso de fungicidas protectante en las variables número de hojas, hojas más viejas libre de estrías y quema menor al 5% en plantas de cero semanas y 11 semanas.

Según, Santillán (2017), la incidencia y severidad de Sigatoka negra puede darse entre los meses de febrero a abril, además, diferentes estudios concuerdan que los fungicidas sistémicos deben ser aplicados al finalizar cada año siendo en la semana 51 y 52, sin embargo, otros recomiendan en la semana uno y cuatro.

Así mismo, Naula (2018), comenta que el hongo se ve favorecido en suelo que presenten elevada humedad, lo cual favorece el desarrollo del patógeno y aumenta su incidencia. Mediante esto, se evidencio que el tratamiento 1 bajo estudio del experimento presentó mayor rango de evolución del patógeno con promedio 30,09% de humedad, mientras el tratamiento 3 obtuvo más baja incidencia con una humedad del 20,25%.

Betancourt (2013), utilizó fungicidas para el manejo de Sigatoka negra, en un ciclo de 21 días para determinar la fitotoxicidad de cada uno mediante 6 aspersiones. Determinó que no existe diferencias estadísticas entre dosis de 300 a 500 ml/ha con Rocío Spray 8 l/ha y Surfactron al 33 0,15 % en una suspensión de 100 l/ha. Concluyó que para manejar la incidencia de esta enfermedad debe

considerarse la productividad y calidad de la fruta para no reducir daños económicos al agricultor.

El país siendo uno de los más importantes productores de banano, deben considerar el manejo fitosanitario de la planta, el cual no reduzca la productividad final. Mediante Técnicos fitosanitarios han determinado que el uso de servicios de Aero fumigación garantizan la inocuidad de la fruta. Además, muchas compañías aerofumigadoras trabajan con avionetas, drones y helicópteros. También, otra ley a cumplir es reducir el impacto ambiental por mala práctica fitosanitaria. Para concluir, se consideró este ensayo descriptivo y explicativo para mostrar al final la importancia y eficacia que presenta cada método de Aero fumigación (Cedeño, 2017).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La planta de banano

El cultivo de banano a nivel mundial se encuentra en el cuarto lugar después del maíz, trigo y arroz con un promedio del 15% total de la producción mundial. Esto ha contribuido al desarrollo socioeconómico de la mayoría de países y abastecimiento de empleos (Vargas et al, 2017).

El banano (*Musa AAA*), es considerado una baya falsa, dulce y carnosa, además, posee contenidos importantes para el cuerpo humano como la glucosa, fibra, fructosa, potasio y vitamina B6. Se recomienda como fruta energética por sus propiedades (Agrotendencia, 2019).

Esta fruta es de mayor exportación en el mundo, en el país, genera alto beneficio económico para las familias de los agricultores dedicados a este cultivo. Su elevada demanda exige aumentar la producción de manera segura para los consumidores (Torres et al, 2021).

2.2.2 Origen e importancia del cultivo

Esta planta es monocotiledónea herbácea, perteneciente a la familia de las Musáceas, género *Musa* y orden *Zingiberales*. Su nombre se origina de África y es utilizado para consumos frescos (Valencia, 2018).

Sin embargo, otras fuentes no tienen en claro el origen del banano, considerándolo oriundo de regiones tropicales del Sur de Asia, incluyendo la India. En el Ecuador su comercialización empezó en 1950, aunque, la Provincia del Oro muestra registros de 1925 hacia Chile y Perú (Troya, 2019).

A partir de dos especies cultivadas en el Sureste asiático del género *Musa*, se originan diferentes mezclas y razas con elevado valor nutritivo. Además, algunas variedades de banano son consideradas plantas ornamentales con fines de decoración (Carrión, 2018).

El género Musáceos es uno de los más importantes en la parte socioeconómica y alimentaria del Ecuador. Desde diferentes puntos de vista, la producción de esta fruta genera fuentes de trabajo a la población en diferentes áreas (INIAP, 2017).

Además, de ser significativa a nivel mundial, se encuentra la mayoría de su producción en áreas tropicales y subtropicales, y es un aporte en la soberanía alimentaria y económica en el mundo entero (Herrera, 2018).

El Ecuador se caracteriza por ser uno de los países que mayor genera esta fruta en todas las áreas, especialmente en el litoral ecuatoriano, el porcentaje de exportación es elevado para diversos países (Benítez, 2017).

2.2.3 Taxonomía y aspectos botánicos

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Liliopsida

Orden Zingiberales

Familia *Musaceae*

Género *Musa*

Especie *M. acuminata* (Gómez, 2017)

El sistema radicular se compone por raíces primarias, secundarias y terciarias, las cuales cumplen la función de absorber los nutrientes y agua del suelo para el desarrollo vegetativo de la planta, también le brinda anclaje a la planta (Tenesaca, 2019).

Tallo es un rizoma de gran tamaño, subterráneo y almidonoso el cual está rodeado por yemas que se desarrollan luego de la floración y fructificación de la planta. Mientras cada chupón del rizoma llega a la madurez, la yema se transforma en inflorescencia (Escobedo, 2018).

Las hojas son importantes en el crecimiento del banano, la función que poseen es la fotoasimilación, lo cual incita al desarrollo foliar progresivo y que es funcional en la cosecha del racimo. Esta función depende del tamaño de la hoja (Saavedra, 2017).

El fruto se desarrolla a partir de la acumulación de pulpa formada por las paredes del pericarpio, en su interior se forman lóbulos en forma de gránulos o puntos negros que se encuentran en el centro de la pulpa. El llenado del fruto inicia a los 70 días hasta 90 días (Aucapeña, 2021).

2.2.4 Variedad de Williams

La variedad Williams posee un sistema radicular a la variedad gran enano, llega a medir en la inflorescencia de 75 cm a 150 cm. El *pseudotallo* oscila de 1,50, a

2,00 m. Dicha variedad es resistente a inundaciones y exceso de vientos (Culebro, 2018).

Una de las características importantes que posee, es la elevada producción y calidad del fruto que brinda al agricultor. Se adapta a diferentes condiciones climáticas, siendo muy llamativo por los productores del país (INEC, 2019).

2.2.5 Aspectos agronómicos

2.2.5.1 Fertilización

El manejo de fertilización con dosis específicas y recomendadas son de importancia, las cuales permiten el aprovechamiento del potencial productivo del cultivo de banano, reduciendo gastos innecesarios en la producción, además, reduce el desgaste de suelos (Vivas et al, 2018).

“Es indispensable conocer el grado de fertilidad en los suelos para poder establecer las cantidades óptimas de los elementos implicados para el rendimiento sustentable de un cultivar determinado, en el caso del banano el potasio K es uno de los elementos más importantes en el rendimiento económico del mismo” (Cedeño, 2017, pág. 14).

2.2.5.2 Clima

“Es un conjunto de condiciones telúricas y atmosféricas propias de una región, que se divide en zonas tórridas, templadas y frías. Cabe mencionar, que según el clima se programan los cultivos para cada estación” (Tomalá, 2020, pág. 17).

Requiere un clima cálido y húmedo constante, la temperatura debe oscilar entre 26°C y 27°C con precipitaciones largas y regulares. El cultivo se favorece cuando es protegido de vientos fuertes y posee un riego abundante. Si la temperatura baja a 18°C el desarrollo se detiene y provoca daños si llegase a temperaturas menores de 13°C y mayores a 45°C (Bravo, 2021).

2.2.5.3 Suelo

Las plantaciones deben realizarse en terrenos con topografía plana y suavemente ondulada hasta el 40%, esta labora determina las practicas agronómicas realizadas en el cultivo y pueden aumentar la productividad del mismo (Lacayo, 2018).

“Los suelos para el cultivar de banano deben poseer buena textura, presentar una mezcla de arcilla, arena y materia orgánica ostentando un perfil mayor a 1.20 metros de profundidad. Buena retención del agua y una porosidad adecuada que permita la aireación. En cuanto al pH (Potencial hidrógeno) adecuado es de 4.70 hasta 7.4”. (Vera, 2018, pág. 14)

2.2.5.4 Humedad

La humedad juega un papel importante en las plantaciones bananeras, tienen como objetivo brindar a la planta la cantidad necesaria y requerida por esta, la cual se encuentra disponible en el suelo, además, entre los componentes de importancia se menciona el drenaje, que elimina el exceso de agua y mantiene la humedad adecuada en su desarrollo (ProMusa, 2020).

Generalmente, debe oscilar entre el 75% y 80% de humedad en los suelos, sin embargo, su exceso puede afectar al cultivo de manera indirecta, al favorecer la incidencia de enfermedades fungosas en el área foliar (Mejía, 2018).

2.2.6 Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*)

Reino: Fungi

División: Eumycota

Subdivisión: Ascomycotina

Clase: Loculoascomycetes

Orden: Dothideales

Familia: Dothideaceae

Género: *Mycosphaerella*

Especie: *Mycosphaerella fijiensis*

Nombre común: Sigatoka negra (Arana, 2017).

Esta enfermedad ataca a toda variedad de banano, debido a las condiciones climáticas que favorece el desarrollo del hongo (25°C y 28°C), además, alta humedad (80%) y lluvias prolongadas elevan el daño foliar. En cultivos afectados por esta enfermedad proporcionan racimos de menor tamaño y baja calidad (Tipantuña, 2017).

Sin embargo, esta enfermedad no ataca directamente al fruto, sino a su área foliar, pero al aumentar el daño en la planta, existe una alteración en su desarrollo y genera frutos de mala calidad, pequeños, sabores ácidos y racimos con malformaciones (Moreno, 2021).

2.2.6.1 Ecología y biología de la enfermedad

Mycosphaerella fijiensis es un patógeno de reproducción asexual y sexual. De forma asexual se propaga por la germinación de esporas llamadas conidios. Mientras la reproducción sexual sucede en la formación de estructuras llamadas espermagonios, peritecios y ascosporas (Intagri, 2018).

Además, esta segunda fase es considerada muy importante para el desarrollo de la enfermedad, la cual produce lesiones denominadas peritecios, que, en su interior se encuentra las ascosporas que al ser liberadas en elevadas temperaturas ocurre la propagación rápidamente (CropLife, 2017).

2.2.6.2 Evolución de la enfermedad

Según (Castillo y Zurita, 2020, pág. 26) “la escala de evolución es la siguiente: Estado 1. Pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento a marrón, de 1 mm de longitud, llamadas pizcas, apenas perceptibles en el envés de las hojas.

Estado 2. Rayas o estrías cloróticas de 3–4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.

Estado 3. Las estrías se alargan y amplían dando la impresión de haber sido pintadas con pincel, sin bordes definidos y de color café, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud”.

“Estado 4: las rayas tienen forma fusiforme o elíptica, con característico color en los bordes de marrón claro, con halo acuoso.

Estado 5: hundimiento del área necrótica, volviéndose de pardo oscuro o negro, el área del halo acuoso se agranda y en algunas ocasiones con borde ligeramente amarillento.

Estado 6: el área necrótica se hunde aún más y se torna de color grisáceo o amarillento, con borde angosto de color pardo oscuro o negro. Las manchas son aún visibles por su coloración cuando las hojas se han caído o marchitado” (Asitimbay, 2019, pág. 16).

2.2.6.3 Fases de la enfermedad

El hongo se ve favorecido por las condiciones climáticas, es decir, con temperaturas entre 26°C y 28°C, elevada humedad, agua en las hojas, todas las condiciones mencionadas anteriormente, facilita la proliferación del hongo y permite que se propague e infecte otras plantas (Valverde, 2019).

Al inicio de la enfermedad aparecen manchas cloróticas pequeñas y luego se desarrollan formando la hoja cigarro con quemaduras. Días más tarde, aparecen las manchas amarillas y necrosis del tejido muerto de la hoja. Estas manchas se extienden por toda la hoja y empieza el ataque severo de la enfermedad y que propaga a plantas cercanas (AgriSolver, 2019).

2.2.7 Fumigación aérea del banano

Las aeronaves fumigadoras, “realizan aplicaciones más eficientes y con menos desperdicio, siendo un componente crítico de la agricultura de alto rendimiento; esto consiste en el uso responsable de productos agroquímicos, protegiendo el medio ambiente al producir el máximo rendimiento en menos hectáreas” (Aguilar, 2018, pág. 22).

Esta labor se realiza en plantaciones grandes con mayor cantidad poblacional y que se necesite manejar la presencia de Sigatoka negra, especialmente con

avionetas. Entre los más usados para este patógeno se nombra a TILT, SICO, CALIXIN y MANCOZEB (FAO, 2017).

2.2.7.1 Fumigación con avionetas

“Los pulverizadores aerotransportados son equipos de aplicación de productos fitosanitarios diseñados para su montaje en aeronaves (avión, helicóptero y Drones) y poseen la característica de realizar tratamientos a distintos volúmenes de aplicación. La tarea de fumigación agrícola se la lleva a cabo mediante avionetas y helicópteros y drones agrícolas, fundamentalmente el manejo del sistema es similar” (Pila, 2019, pág. 10).

Uno de los beneficios que brinda esta fumigación por avionetas, es poder aplicarse en plantaciones con difícil acceso, ya sean terrenos de larga distancia. Además, la velocidad de la fumigación es controlada por el técnico y puede ahorrarse tiempo y gastos innecesarios por jornales en la plantación. También, logra gran dispersión de los insumos agrícolas y sean mayormente aprovechados por la planta de banano (Rodríguez y Vásquez, 2018).

2.2.7.2 Fumigación con drones

El uso de drones para fumigar, tiene sus ventajas como alcanzar lugares que las avionetas no pueden, Además, se usan en lugares sensibles como escuelas, comunas, entre otros. Permiten ahorrar hasta un 90% de agua en comparación con otros sistemas de fumigación (UTEQ, 2020).

“Los drones pueden ser eficaces para la fumigación de fincas de poco hectareaje, de cultivos de ciclo corto, su principal ventaja es el bajo costo de inversión, la verticalidad de la aplicación, la cobertura y el tiempo de duración del proceso. Adicionalmente, una ventaja es que también puede ser útil para otras aplicaciones con el mismo equipo” (Duarte y Pinza, 2021, pág. 12).

2.3 Marco legal

Código orgánico del ambiente - Ministerio del Ambiente (2017)

Artículo. 217.- Aplicación de la Responsabilidad extendida del Productor sobre la gestión de sustancias químicas. Los productores tienen la responsabilidad de la gestión del producto en todo el ciclo de vida del mismo. Esta responsabilidad incluye los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción y el uso del producto, así como lo

relativo al tratamiento o disposición final del mismo cuando se convierte en residuo o desecho luego de su vida útil o por otras circunstancias. La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, determinará las sustancias químicas sujetas a REP, las metas y los lineamientos para la presentación del programa de gestión integral (PGI) de las existencias caducadas y envases vacíos de dichas sustancias. Estos programas serán aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional, quien realizará la regulación y control de la aplicación de la Responsabilidad Extendida del Productor. (Ministerio del Ambiente, 2017, pág. 59)

Registro Oficial Nº 431. Reglamento Interministerial para el saneamiento ambiental agrícola No. 365

Artículo. 19. Para la aplicación de agroquímicos, se establece una franja de seguridad de 60 metros sin barreras vivas y 30 metros con barreras vivas respecto a áreas sensibles tales como ríos, esteros y cuerpos hídricos principales, que no estén destinados para el consumo humano. Para otros cuerpos hídricos, tales como canales internos de los cultivos, se establece la siembra de plantas nativas para la protección de estas fuentes de agua. Así mismo se establece una franja de seguridad de 200 metros en el perímetro de los cultivos aledaños a las zonas pobladas, centros educativos, centros de salud, centros recreativos al aire libre y cuerpos de agua destinados para consumo humano. En dichas franjas de seguridad se permitirá únicamente la fumigación terrestre y estarán sujetas al cumplimiento de los lineamientos establecidos en el presente Reglamento. (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 11).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Se empleó investigación tipo exploratoria, de observación y experimental, para la comparación de la aplicación de un fungicida a través de drones y avioneta en el manejo de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

3.1.2 Diseño de investigación

Se implementó un diseño de investigación experimental, debido a la manipulación de las variables y su valoración a través de la prueba T Student.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. *Variable independiente*

- Fumigación con Dron
- Fumigación con Avioneta

3.2.1.2. *Variable dependiente*

3.2.1.2.1 *Hojas libres de estrías*

Se empleó la toma de datos visual, y se contabilizó las hojas libres de estrías en cada unidad experimental a los 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 días después de la primera fumigación por tratamiento.

3.2.1.2.2 *Porcentaje de Quema*

Para la presente variable se utilizó la siguiente escala de severidad en hojas a casusa de Sigatoka negra, para determinar el porcentaje de quema presente en cada unidad experimental. Dicha variable fue tomada al día 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 después de la primera fumigación por tratamiento.

Tabla 1. Severidad en hojas- escala de Stover

Grado	Subtítulo (Unidades)
Grado 0	Sin Síntomas
Grado 1	Has 10 manchas por hojas
Grado 2	Menos del 5% del área foliar afectada
Grado 3	De 6 al 15% del área foliar afectada
Grado 4	De 16 al 33% del área foliar afectada
Grado 5	De 34 al 50% del área foliar afectada
Grado 6	Más del 50% del área foliar afectada

Fuente: (Calle & Yangali, 2014)

3.2.1.2.3 Análisis costo beneficio

Al finalizar el ensayo experimental se determinó los costos del servicio por hectárea de drones y de avioneta para determinar el valor empleado por cada tratamiento. Cabe recalcar que los recursos económicos fueron financiados por la compañía INCROPS S.A.

3.2.2 Tratamientos

De acuerdo al propósito del presente estudio, los tratamientos se basan en dos formas de aplicación de fungicidas para el manejo de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), bajo el uso de drones y avioneta tipo turbo, lo cual generó dos tratamientos en estudio.

3.2.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, considerando dos franjas, cuyo ancho será de 50 metros y 2000 metros de largo (15 hectáreas). Dentro de cada uno de estos lotes se realizó una selección aleatoria de 30 plantas jóvenes de 3 metros de altura sobre fue realizada la evaluación de las variables dependientes.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Maquinaria:

- Dron
- Avioneta

Equipo de campo:

- Lupa
- Guantes quirúrgicos (100 u)
- Mascara para fumigación
- Overol para fumigación
- Hoja de muestreo
- Gafas protectoras para fumigar
- Bolígrafos y libreta

Insumos:

- Fungicida preparado
- Hoja de papel adhesivo. (cobertura)
- Podón

Recursos humanos

- Estudiante y catedrático de la Universidad Agraria del Ecuador

Recursos económicos

- Este trabajo de investigación fue financiado por la compañía INCROPS S.A.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1 Método deductivo

Después de recolectar la información necesaria, fue empleado el presente método, para la obtención de las conclusiones correspondientes de los tratamientos aplicados.

3.2.4.2.2 Método inductivo

El método inductivo permitió establecer conclusiones, a raíz de la información ordenada en su totalidad. Además, después de haber validado la información específica se pudo realizar la comparación de tratamientos.

3.2.4.2.3 Técnica.

Bajo la técnica se realizó el muestreo aleatorio simple, al seleccionar 20 plantas jóvenes de 3 metros de altura. Además, se colocaron tarjetas de Hidrosensible (papel) de 10 mm x 10 mm en las hojas, y después de la aplicación de cada tratamiento, se realizó el respectivo conteo de gotas por cm² de las plantas evaluadas.

3.2.5 Análisis estadístico

Fue utilizado el análisis estadístico descriptivo, el cual consistió en la observación de los resultados de

cada tratamiento y efectos, para detallar de forma descriptiva el más efectivo. La valoración estadística de los datos se realizó bajo la prueba T de Student para muestras independientes y la consideración de varianzas iguales. Estos análisis fueron desarrollados bajo los complementos de Microsoft Excel e InfoStat.

Ninguno de los dos tratamientos de cobertura con Dron y Avioneta resultó eficaz para el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en la plantación joven de Banano de variedad William de 3 metros.

H₀

Al menos uno de los dos tratamientos de cobertura con Dron y Avioneta resultó eficaz para el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en la plantación joven de Banano de variedad William de 3 metros.

H₁

4. Resultados

4.1 Hoja libre de estrías

En la comparación de tratamientos mediante la prueba T Student en la variable hojas libres de estrías, se determina que existe una diferencia mínima de promedios entre tratamiento en cada evaluación realizada (Figura1). A los 10 días evaluadas el tratamiento 1 presentó promedio 4,63; mientras el tratamiento 2 obtuvo 4,90 promedio de hojas. Al finalizar el ensayo, a los 70 días evaluados el promedio de dichos tratamientos fue 7,50 y 8,05 respectivamente.

Tabla 2. Promedios de hojas libres de estrías

Tratamientos	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días	70 días
Tratamiento 1 (Dron)	4,63	5,43	5,70	6,25	6,67	7,67	7,50
Tratamiento 2 (Avioneta)	4,90	5,83	5,87	6,71	7,30	8,40	8,05

Tomalá, 2021

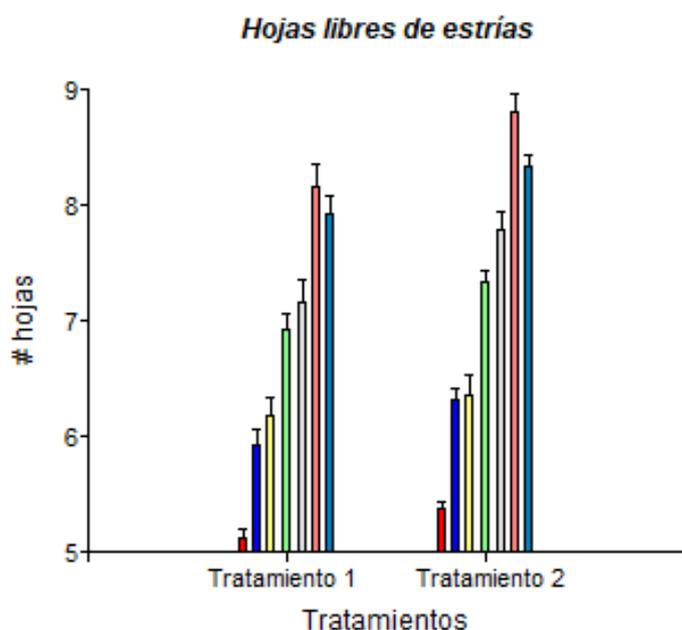


Figura 1. Evaluación de hojas libre de estrías
Tomalá, 2021

4.2 Porcentaje de quema de hojas

En la comparación de tratamientos mediante la prueba T Student en la variable porcentaje de quema de hojas, así mismo, se determina diferencias de promedios entre tratamiento en las siete evaluaciones realizadas (Figura 2). En la primera evaluación realizada a los 10 días, el tratamiento 1 (Fumigación por dron) presentó 6,60% de quema en hojas; mientras el tratamiento 2 (Fumigación por avioneta) mostró 5,39% de quema. Luego de la séptima evaluación a los 70 días el promedio de quema se redujo para ambos tratamientos a 4,23% y 3,83%; considerándose bajo la escala de muestreo, el tratamiento 1 (grado 2) y el tratamiento 2 (grado 1).

Tabla 3. Promedio del % de quema de hojas

Tratamientos	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días	70 días
Tratamiento 1 (Dron)	5,60	5,40	5,33	5,26	5,03	4,70	4,23
Tratamiento 2 (Avioneta)	5,39	5,31	5,14	5,04	4,83	4,20	3,83

Tomalá, 2021

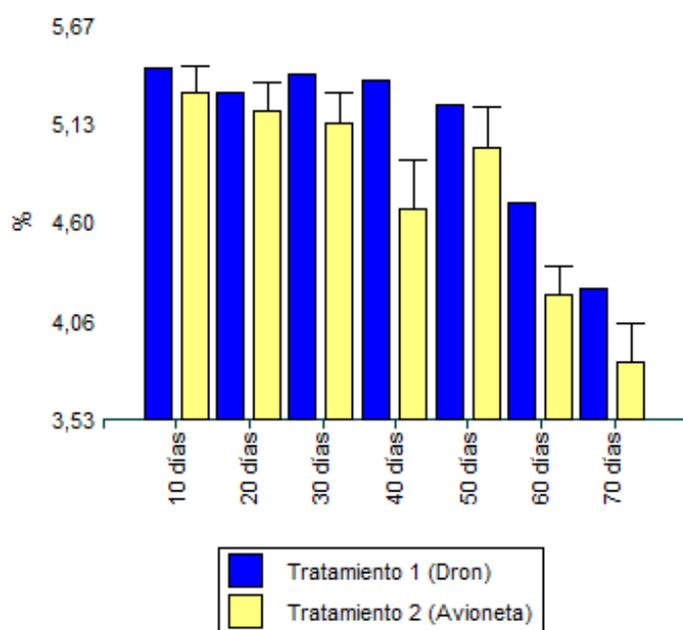


Figura 2. Evaluación del % de quema de hojas
Tomalá, 2021

4.3 Cobertura de fungicida

La comparación de promedios en la cobertura de fungicidas muestra diferencias entre tratamientos (Figura 3). Considerándose el tratamiento 2 comprendido por la fumigación por avioneta el de mayor cobertura con un promedio de 89,60. Mientras el tratamiento 1 comprendido por la fumigación a través de drones presentó un promedio de cobertura de 73,00.

Tabla 4. Promedios de cobertura de fungicida

Tratamientos	Promedios
Tratamiento 1 (Dron)	73,00
Tratamiento 2 (Avioneta)	89,60

Tomalá, 2021

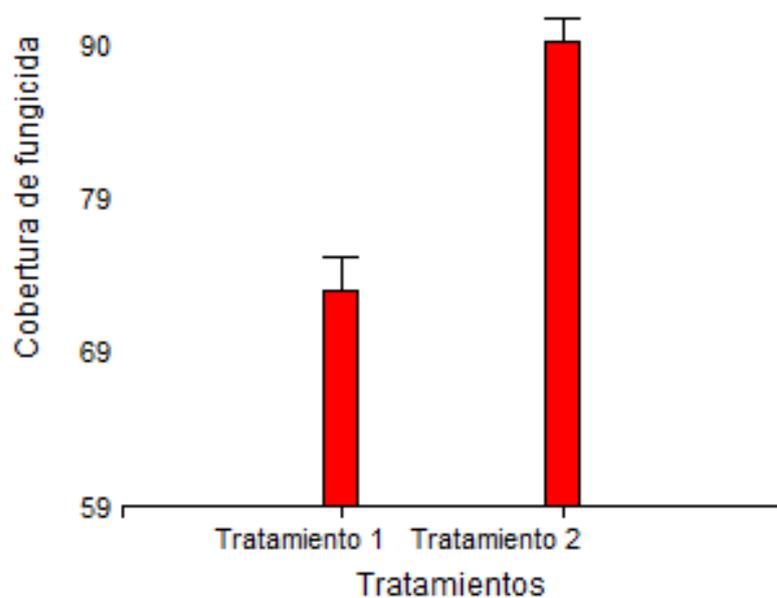


Figura 3. Evaluación de cobertura de fungicida
Tomalá, 2021

4.4 Análisis económico de los tratamientos

La comparación de gastos por los servicios empleados en los tratamientos utilizados, existió diferencia en los costos de cada servicio por hectárea, considerándose \$18 el costo de fumigación por drones y \$20 el costo de fumigación por avioneta. El costo total de las fumigaciones en toda el área de estudio (15 hectáreas), obtuvo que el Tratamiento 1 (Dron) alcanzara un gasto \$810,00 y el tratamiento 2 (Avioneta) un gasto final \$900,00.

Tabla 5. Análisis económico de tratamientos

Descripción	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
Costos de servicio/ha	18	20
Hectáreas evaluadas	15	15
Costos unitarios	270	300
N° Fumigaciones	3	3
Costos totales de servicios	810	900

Tomalá, 2021

5. Discusión

De acuerdo a la eficacia de fumigaciones con drones y avionetas se determina que a los 10 días evaluado el tratamiento 1 presentó promedio 4,63 hoja libre de estrías, mientras el tratamiento 2 obtuvo 4,90 promedio de hojas. Al finalizar el ensayo, a los 70 días evaluados el promedio de dichos tratamientos fue 7,50 y 8,05 respectivamente. Lo cual se considera, que ambas fumigaciones aumentaron el promedio inicial al final de la variable. Mientras, en la comparación de ambos tratamientos sobre la quema de hojas, se observó en la séptima evaluación a los 70 días el promedio de quema se redujo para ambos tratamientos a T1 (Fumigación por dron) 4,23% y T2 (Fumigación por avioneta) 3,83%; considerándose bajo la escala de muestreo, el tratamiento 1 (grado 2) y el tratamiento 2 (grado 1). De la misma manera, Santillán (2017), menciona que el uso de fungicidas sistémicos reduce la incidencia y severidad de la Sigatoka negra en el banano; y Álvarez (2016), comenta que dichas fumigaciones de fungicidas de forma aérea mantienen mayor tiempo libre a las hojas de estrías y no afectan a la productividad del banano.

En cuanto a la comparación de cobertura de ambos tratamientos fue considerado el tratamiento 2 comprendido por la fumigación por avioneta el de mayor cobertura con un promedio de 89,60. Mientras el tratamiento 1 comprendido por la fumigación a través de drones presentó un promedio de cobertura de 73,00. Corrobora dicha información con Rodríguez y Vásquez (2018), sostienen que la fumigación bajo avionetas alcanza mayor cobertura de fumigación y se emplea especialmente en fincas de plantaciones más extensas, considerándose de forma descriptiva como beneficio para lugares de difícil acceso y que frena el ataque de la enfermedad bajo la dispersión del fungicida.

La comparación económica de los tratamientos en el estudio consideró que bajo los gastos empleados y mencionados anteriormente en el desarrollo del ensayo y financiado por una compañía, el Tratamiento 1 (Dron) presentó un promedio de gastos \$810,00; mientras, el tratamiento 2 (Avioneta) un gasto promedio final \$900,00. Además, Duarte y Pinza (2021), sostienen que el uso de drones para la fumigación de fincas es ventajoso y requiere bajos costos de inversión, lo que concuerda con el presente ensayo. Además, el dron alcanza lugares que las avionetas no pueden llegar y ahorran agua, lo cual genera un abaratamiento de costos en comparación con el empleo de avionetas.

6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye:

La fumigación en plantaciones de banano a través de drones y avioneta es un método eficaz para el manejo de Sigatoka negra, el cual aumentó el número de hojas libres de estrías a los 70 días (8,05 promedio).

El tratamiento 1 (drones) y tratamiento 2 (avioneta) reducen el porcentaje de quema de hojas mediante las fumigaciones, con la obtención de promedios 4,23% y 3,83% respectivamente a los 70 días evaluados.

La cuantificación de cobertura entre tratamientos fue 73,00 m a través del uso de drones, mientras 89,60 m a través del uso de avioneta; es decir, el tratamiento 2 es considerado con mayor cobertura en el ensayo experimental.

Con respecto al tiempo de fumigación se concluyó que el Dron es más lento que la avioneta en las aplicaciones de los tratamientos, porque el ancho de faja del avioneta es de 24 metros y del dron es dependiendo del modelo, el Dron que se utilizó para esta investigación fue el que tiene una faja de fumigación de 4 metros; por lo que las avionetas pueden realizar la fumigación de los tratamientos en 25 minutos 80 hectáreas, en cambio el dron con el mismo tiempo de 25 minutos solo llegó aplicar el tratamiento en 10 hectáreas.

En la comparación de costos entre tratamientos, el valor del uso de avionetas fue mayor (\$900,00), al del tratamiento por fumigaciones por medio de drones (\$810,00).

7. Recomendaciones

En base a las conclusiones obtenidas se recomienda:

Tomar el tiempo de cada fumigación a base de avioneta o drones, para definir el método más eficaz, no solamente que reduzca la enfermedad, sino también que ahorre tiempo y dinero al agricultor.

Realizar fumigaciones mediante drones y avionetas en plantaciones grandes de banano, debido que la cobertura de fumigación es mayor y puede abarcar más hectareaje y reducir el tiempo de dicha labor.

Buscar cotizaciones más bajas del servicio de drones y avionetas de fumigación, para reducir los costos invertidos por las compañías dedicadas a la exportación de banano del país.

8. Bibliografía

- AgriSolver. (2019). *Gestión integrada de Sigatoka Negra (Pseudocercospora fijiensis)*. Obtenido de <https://www.agrisolver.com/blog/gestion-integrada-de-sigatoka-negra-pseudocercospora-fijiensis>
- Agrotendencia. (2019). *Cultivo de banano*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-banano/>
- Aguilar, J. (2018). Control de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* morelet con dos sistemas de atomización aérea en una finca orgánica. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12425>
- Álvarez, O. (2016). *Eficacia de la atomización aérea en el control de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis M.) y su incidencia en la productividad del banano (Musa acuminata)*, Cantón Naranjal, Guayas. Universidad Agraria del Ecuador, Guayas.
- Arana, I. (2017). Análisis de la regulación epigenética del hongo *Mycosphaerella fijiensis* causante de la sigatoka negra. Tesis de posgrado, Centro de investigación científica de Yucatán, A.C., México. Obtenido de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/430/1/PCB_BT_M_Tesis_2017_Arana%20Guevara.pdf
- Asitimbay, C. (2019). Uso de las alternativas biológicas para el control de *Pseudocercospora fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra en Banano. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39668>
- Aucapeña, G. (2021). Alternativa Ecológica para el manejo de la cochinilla (*Pseudococcidae* sp.) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca* AAA),

Cañar. Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil.

Obtenido de

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AUCAPE%C3%91A%20SALVATIERRA%20GABRIEL%20ALBERTO.pdf>

Benavides, L. (2019). Cuantificación temprana de *Pseudocercospora fijiensis* por medio de qPCR en modelos predictivos de sigatoka negra en plantas de banano (*Musa AAA*). Tesis de grado, Instituto tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10838/Cuantificaci%C3%B3n%20temprana%20de%20Pseudocercospora%20fijiensis%20por%20medio%20de%20qpcr%20en%20modelos%20predictivos%20de%20Sigatoka%20negra%20en%20plantas%20de%20banano%20%28Musa%20AAA%29>.

Benítez, P. (2017). Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la hacienda María Antonieta. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25053/1/tesis%20023%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Benitez%20Pablo%20-%20cd%20023.pdf>

Betancourt, G. (2013). *Sigatoka negra* - InfoAgro.net. Obtenido de El Agro: http://www.infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/attachment/4Sigatoka_negra.pdf

Bravo, E. (2021). Fertilización edáfica en Drench con ormus marno en el cultivo de banano (*Musa acuminata AAA*). Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRAVO%20FREIRE%20ERIKA%20ANDREA.pdf>

- Calle, H., & Yangali, J. (2014). *La Sigatoka Negra en el Ecuador*. Obtenido de Agrocalidad: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/PresentacionSigatokaH-Calle-JYangali.pdf>
- Carrión, A. (2018). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (*Musa acuminata triploide A*), aplicando un fertilizante a base de silicio en el cantón El Guabo, provincia de El Oro. Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10345/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-138.pdf>
- Castillo, F., & Zurita, J. (2020). Diagnóstico de la situación de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) del cantón El Carmen. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/22301>
- Cedeño, E. (2017). Efectos de estimulantes orgánicos y fertilización potásica sobre la resistencia a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y producción en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en el cantón Buena Fe. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3283/1/T-UTEQ-0117.pdf>
- Cedeño, J. (2017). Evaluación de Impacto Ambiental Generado por Ruido de las Actividades de Aerofumigación en Plantaciones Bananeras. Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16573>

- CropLife. (2017). Sigatoka Negra. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/sigatoka-negra>
- Culebro, J. (2018). Evaluación de productos orgánicos alternativos para el control de sigatoka negra del banano; parcelamiento caballo blanco, retalhueleu. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Culebro-Jose.pdf>
- Duarte, M., & Pinza, G. (2021). Plan de negocios para la creación de una empresa de servicios de fumigación agrícola con drones aéreos. Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4590>
- Escobedo, J. (2018). Efecto del número de hijos sobre el rendimiento y calidad del banano orgánico (*Musa paradisiaca*) variedad William para exportación. Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Perú. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250077946.pdf>
- FAO. (2017). *Manual de seguridad y salud en la industria bananera*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i8078s/i8078s.pdf>
- Gómez, M. (2017). Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (*Musa acuminata* AAA) en dos zonas productoras distintas. Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7714/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-119.pdf>
- Herrera, K. (2018). Niveles de Fertilización en las propiedades químicas del suelo y la eficiencia en el uso de nutrientes CV curare enano. Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen. Obtenido de

<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/94/1/ULEAM-AGRO-0010.pdf>

INEC. (2019). Ficha técnica de agricultura. Obtenido de https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=01312.01.03

INIAP. (2017). Banano, plátano y otras musáceas. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>

Intagri. (2018). Manejo de la Sigatoka Negra en Banano. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/manejo-de-la-sigatoka-negra-en-banano>

Lacayo, E. (2018). Evaluación de coberturas de racimo sobre la producción de fruto en el cultivo de plátano. (*Musa paradisiaca*) en finca Toliman, Tiquisate, Escuintla. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Obtenido de

<http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Lacayo-Edwin.pdf>

Mejía, G. (2018). Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). Guía técnica, CENTA, El Salvador. Obtenido de

http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf

Ministerio del ambiente. (2015). 2.6.3 Registro Oficial N° 431, Ministra del ambiente, ministra de salud pública, ministro de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca, dirección general de aviación civil de la aplicación aérea No. 365. Obtenido de Reglamento interministerial para el saneamiento ambiental agrícola: <http://www.acorbanec.com/wp->

content/uploads/2021/01/2-Reglamento-interministerial-de-saneamiento-ambiental-agricola.pdf

Ministerio.del.Ambiente. (2017). codigo organico del ambiente . Obtenido de Ministerio del Ambiente: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Moreno, K. (2021). Evaluación de alternativas de manejo de *Verticillium theobromae* en banano orito (*Musa acuminata* AA) en Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24112/1/T-ESPESD-003109.pdf>

Naula, J. (2018). Comportamiento evolutivo del hongo Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*) de acuerdo a las propiedades físicas del suelo en el cultivo de banano Machala - El Oro. Universidad Agraria del Ecuador, El Oro. Obtenido de <http://cia.uagraria.edu.ec/vInventariolist.aspx>

Pila, G. (2019). Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de fumigación, mediante dron vs aplicación con aguilón en el cultivo de soya. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13294>

ProMusa. (2020). Manejo del agua. Obtenido de <https://www.promusa.org/Manejo+del+agua>

Rivas, A. (2018). Manejo de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de Banano, alternando fungicidas protectantes con sistémicos en época invernal. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los

- Ríos. Obtenido de
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4134/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000070.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, T., & Vásquez, M. (2018). Plan de negocio para la creación de una empresa de fumigación aérea por helicóptero. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayas. Obtenido de
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2211>
- Saavedra, J. (2017). Efectos de las malas prácticas agrícolas sobre el retorno en plantas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) subgrupo cavendish. Tesis de grado, Unidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11346/1/DE00008_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- Santillán, D. (2017). Determinación de ingredientes activos utilizados en la preparación de cocteles para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4139>
- Tenesaca, S. (2019). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (*musa x paradisiaca*) clon williams. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15165/1/DE00021_TRABAJODETITULACION.pdf
- Tipantuña, L. (2017). Propuesta metodológica para el análisis de la respuesta espectral en plantaciones de banano a la presencia de plagas y enfermedades, caso de estudio: cantón San Jacinto de Yaguachi, Sector Tres Postes, Provincia del Guayas. Tesis de grado, Pontificia Univesidad

- Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14442>
- Tomalá, I. (2020). Análisis de los costos de producción del banano orito orgánico en el cantón Bucay de la provincia del Guayas para la exportación en el mercado de Estados Unidos. Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3524/1/T-ULVR-3095.pdf>
- Torres, L., Bermeo, O., Raffo, L., & Cruz, C. (2021). *Desarrollo sustentable con base en una propuesta agroecológica para agricultores bananeros. Caso agrícola Don Víctor*. FIPCAEC, 6(3). Obtenido de <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/432/760>
- Troya, J. (2019). Manejo de la fertilización potásica en el cultivo de banano “*Musa paradisiaca AAA*”, en la Hacienda Bolívar del cantón Pueblo Viejo. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6024/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000138.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UTEQ. (2020). Fumigación con drone. Machala. Obtenido de <https://www.uteq.edu.ec/read/1/469>
- Valencia, L. (2018). Evaluación de técnicas de cirugía en el cultivo de banano (*Musa spp.*), para mejorar la calidad del racimo en la Hacienda Isabel II. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5034/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valverde, M. (2019). Manejo y prevención de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano, en la hacienda Banaloli 1, zona de

- Babahoyo. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6149/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en Costa Rica. Ficha Técnica, CATIE, Costa Rica. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
- Vera, V. (2018). Estudio de la fertilización edáfica en cultivo establecido de banano en la Hacienda Isabel María. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5445>
- Vivas, J., Robles, J., González, I., Álava, D., & Meza, M. (2018). *Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. Dominio de las ciencias*, 4(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6324192.pdf>

9. Anexos

Tabla 6. Datos de hoja libre de estrías (10 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	5	5
2	5	5
3	4	5
4	5	5
5	5	5
6	5	5
7	4	4
8	5	5
9	5	5
10	4	5
11	4	5
12	5	5
13	5	4
14	4	5
15	4	5
16	5	5
17	5	5
18	5	5
19	4	5
20	5	4
21	5	5
22	5	5
23	5	5
24	4	5
25	4	5
26	5	5
27	5	5
28	5	5
29	4	5
30	4	5
Total	139	147
Promedio	4,63	4,90

Tomalá, 2021

Tabla 7. Datos de hoja libre de estrías (20 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	6	6
2	6	6
3	5	6
4	6	6
5	6	6
6	6	6
7	5	5
8	6	6
9	6	6
10	5	6
11	4	6
12	6	6
13	6	4
14	5	6
15	4	6
16	6	6
17	6	6
18	6	6
19	5	6
20	4	4
21	6	6
22	6	6
23	6	6
24	5	6
25	4	6
26	6	6
27	6	6
28	6	6
29	5	6
30	4	6
Total	163	175
Promedio	5,43	5,83

Tomalá, 2021

Tabla 8. Datos de hoja libre de estrías (30 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	6	7
2	7	6
3	6	6
4	6	5
5	5	7
6	6	6
7	5	4
8	6	6
9	7	5
10	7	7
11	5	6
12	4	4
13	7	7
14	5	6
15	5	5
16	5	7
17	6	6
18	6	5
19	6	4
20	5	5
21	6	6
22	7	7
23	6	6
24	6	7
25	5	6
26	4	5
27	6	6
28	5	7
29	6	6
30	5	6
Total	171	176
Promedio	5,70	5,87
Tomalá, 2021		

Tabla 9. Datos de hoja libre de estrías (40 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	7	7
2	7	7
3	6	7
4	7	7
5	7	7
6	7	7
7	6	6
8	7	7
9	7	7
10	6	7
11	5	7
12	7	7
13	7	5
14	6	7
15	5	7
16	7	7
17	7	7
18	7	7
19	6	7
20	5	5
21	7	7
22	7	7
23	7	7
24	6	7
25	5	7
26	7	7
27	7	7
28	7	7
29	6	7
30	5	7
Total	187,45	201,25
Promedio	6,25	6,71

Tomalá, 2021

Tabla 10. Datos de hoja libre de estrías (50 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	7	8
2	8	7
3	6	8
4	7	8
5	8	8
6	7	7
7	6	6
8	8	7
9	7	8
10	6	7
11	5	8
12	8	7
13	7	5
14	6	8
15	5	7
16	7	8
17	8	7
18	7	8
19	6	7
20	5	5
21	7	8
22	8	7
23	7	8
24	6	7
25	5	7
26	7	8
27	8	7
28	7	8
29	6	8
30	5	7
Total	200	219
Promedio	6,67	7,30

Tomalá, 2021

Tabla 11. Datos de hoja libre de estrías (60 días)

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	8	9
2	9	8
3	7	9
4	8	9
5	9	9
6	8	8
7	7	7
8	9	8
9	8	9
10	7	8
11	6	9
12	9	8
13	8	6
14	7	9
15	6	8
16	8	9
17	9	8
18	8	9
19	7	8
20	6	6
21	8	9
22	9	8
23	8	9
24	7	8
25	6	8
26	8	9
27	9	8
28	8	9
29	7	9
30	6	8
Total	230	251,85
Promedio	7,67	8,40

Tomalá, 2021

Tabla 12. Datos de hoja libre de estrías (70 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	8	8
2	8	8
3	7	8
4	8	8
5	8	8
6	8	8
7	7	7
8	8	8
9	8	8
10	7	8
11	6	8
12	8	8
13	8	6
14	7	8
15	6	8
16	8	8
17	8	8
18	8	8
19	7	8
20	6	6
21	8	8
22	8	8
23	8	8
24	7	8
25	6	8
26	8	8
27	8	8
28	8	8
29	7	8
30	6	8
Total	224,94	241,5
Promedio	7,50	8,05

Tomalá, 2021

Tabla 13. Comparación estadística de hoja libre de estrías (10 días)

Variable:Hojas libres de estrías (10 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	4,63	4,90
Varianza	0,24	0,09
Media (1) -Media (2)	-0,27	
LI (95)	-0,48	
LS (95)	-0,05	
pHomVar	0,0129	
T	-2,53	
gl	49	
p-valor	0,0147	

Tomalá, 2021

Tabla 14. Comparación estadística de hoja libre de estrías (20 días)

Variable:Hojas libres de estrías (20 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	5,43	5,83
Varianza	0,60	0,28
Media (1) -Media (2)	-0,40	
LI (95)	-0,74	
LS (95)	-0,06	
pHomVar	0,0465	
T	-2,33	
gl	52	
p-valor	0,0234	

Tomalá, 2021

Tabla 15. Comparación estadística de hoja libre de estrías (30 días)

Variable:Hojas libres de estrías (30 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	5,70	5,87
Varianza	0,70	0,88
Media (1) -Media (2)	-0,17	
LI (95)	-0,63	
LS (95)	0,29	
pHomVar	0,5454	
T	-0,73	
gl	58	
p-valor	0,4704	

Tomalá, 2021

Tabla 16. Comparación estadística de hoja libre de estrías (40 días)

Variable:Hojas libres de estrías (40 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	6,43	6,83
Varianza	0,60	0,28
Media (1) -Media (2)	-0,40	
LI (95)	-0,74	
LS (95)	-0,06	
pHomVar	0,0465	
T	-2,33	
gl	52	
p-valor	0,0234	

Tomalá, 2021

Tabla 17. Comparación estadística de hoja libre de estrías (50 días)

Variable:Hojas libres de estrías (50 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	6,67	7,30
Varianza	1,06	0,70
Media (1) -Media (2)	-0,63	
LI (95)	-1,12	
LS (95)	-0,15	
pHomVar	0,2724	
T	-2,62	
gl	58	
p-valor	0,0113	

Tomalá, 2021

Tabla 18. Comparación estadística de hoja libre de estrías (60 días)

Variable:Hojas libres de estrías (60 días) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	7,67	8,30
Varianza	1,06	0,70
Media (1) -Media (2)	-0,63	
LI (95)	-1,12	
LS (95)	-0,15	
pHomVar	0,2724	
T	-2,62	
gl	58	
p-valor	0,0113	

Tomalá, 2021

Tabla 19. Comparación estadística de hoja libre de estrías (70 días)

Variable: Hojas libres de estrías (70 días) - Clasific: Tratamientos - prueba: Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	7,43	7,83
Varianza	0,60	0,28
Media (1) - Media (2)	-0,40	
LI (95)	-0,74	
LS (95)	-0,06	
pHomVar	0,0465	
T	-2,33	
gl	52	
p-valor	0,0234	

Tomalá, 2021

Tabla 20. Datos del % quema de hoja (10 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	6	5
2	6	6
3	6	4
4	5	5
5	5	5
6	6	5
7	6	5
8	6	5
9	5	6
10	5	3
11	6	5
12	5	6
13	6	6
14	6	6
15	5	6
16	3	6
17	6	4
18	5	5
19	4	6
20	6	4
21	5	6
22	7	6
23	6	5
24	6	6
25	6	6
26	6	6
27	4	5
28	4	5
29	6	6
30	5	5
Total	167,9294	161,8068
Promedio	5,60	5,39
Tomalá, 2021		

Tabla 21. Datos del % quema de hoja (20 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	5	6
2	6	5
3	5	6
4	6	4
5	6	4
6	5	6
7	6	4
8	5	4
9	4	5
10	5	3
11	5	6
12	6	5
13	6	6
14	5	5
15	6	6
16	3	5
17	5	6
18	6	5
19	5	6
20	5	5
21	6	6
22	6	5
23	5	6
24	5	5
25	5	6
26	5	5
27	6	6
28	5	6
29	5	5
30	6	4
Total	161,91	159,4
Promedio	5,40	5,31

Tomalá, 2021

Tabla 22. Datos del % quema de hoja (30 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	6	5
2	6	6
3	6	4
4	5	4
5	5	4
6	6	5
7	6	4
8	6	4
9	4	6
10	5	3
11	6	5
12	5	6
13	6	6
14	6	6
15	5	6
16	3	6
17	6	4
18	5	5
19	4	6
20	6	4
21	5	6
22	7	6
23	6	5
24	6	6
25	6	6
26	6	6
27	4	5
28	4	5
29	6	6
30	5	4
Total	159,9328	154,1018
Promedio	5,33	5,14
Tomalá, 2021		

Tabla 23. Datos del % quema de hoja (40 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	5	6
2	6	5
3	5	6
4	6	4
5	6	4
6	5	6
7	6	4
8	5	1
9	4	5
10	5	2
11	5	6
12	6	2
13	6	2
14	5	5
15	6	6
16	4	5
17	5	6
18	6	5
19	6	6
20	4	4
21	6	6
22	5	5
23	5	6
24	6	5
25	5	6
26	5	5
27	6	2
28	6	6
29	5	5
30	6	4
Total	157,8	138
Promedio	5,26	4,60

Tomalá, 2021

Tabla 24. Datos del % quema de hoja (50 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	5	6
2	6	5
3	5	6
4	6	3
5	5	3
6	5	6
7	6	3
8	5	3
9	3	5
10	6	2
11	5	6
12	6	5
13	5	6
14	5	5
15	6	6
16	2	5
17	5	6
18	6	5
19	4	6
20	5	5
21	6	6
22	6	5
23	5	6
24	6	5
25	6	6
26	5	5
27	6	6
28	5	6
29	5	5
30	6	3
Total	150,85	144,9
Promedio	5,03	4,83

Tomalá, 2021

Tabla 25. Datos del % quema de hoja (60 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	4	5
2	5	4
3	4	5
4	5	3
5	6	3
6	4	5
7	5	3
8	4	3
9	3	4
10	6	2
11	4	5
12	5	4
13	6	5
14	4	4
15	5	5
16	2	4
17	4	5
18	5	4
19	6	5
20	4	4
21	5	5
22	6	4
23	4	5
24	5	4
25	6	5
26	4	4
27	5	5
28	6	5
29	4	4
30	5	3
Total	141	126
Promedio	4,70	4,20

Tomalá, 2021

Tabla 26. Datos del % quema de hoja (70 días)

Nº	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	4	5
2	5	4
3	4	5
4	5	3
5	6	3
6	4	5
7	5	3
8	4	1
9	3	4
10	6	2
11	4	5
12	5	2
13	3	2
14	4	4
15	5	5
16	3	4
17	4	5
18	5	4
19	6	5
20	3	3
21	5	5
22	3	4
23	4	5
24	5	4
25	2	5
26	4	4
27	5	2
28	2	5
29	4	4
30	5	3
Total	127	115
Promedio	4,23	3,83

Tomalá, 2021

Tabla 27. Comparación estadística del % quema de hoja (10 días)

Variable:% de quema (10 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	5,43	5,30
Varianza	0,74	0,63
Media (1) -Media (2)	0,13	
LI (95)	-0,29	
LS (95)	0,56	
pHomVar	0,6793	
T	0,62	
gl	58	
p-valor	0,5348	

Tomalá, 2021

Tabla 28. Comparación estadística del % quema de hoja (20 días)

Variable:% de quema (20 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	5,30	5,20
Varianza	0,49	0,72
Media (1) -Media (2)	0,10	
LI (95)	-0,30	
LS (95)	0,50	
pHomVar	0,3186	
T	0,50	
gl	58	
p-valor	0,6205	

Tomalá, 2021

Tabla 29. Comparación estadística del % quema de hoja (30 días)

Variable:% de quema (30 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	5,40	5,13
Varianza	0,80	0,88
Media (1) -Media (2)	0,27	
LI (95)	-0,21	
LS (95)	0,74	
pHomVar	0,8035	
T	1,13	
gl	58	
p-valor	0,2642	

Tomalá, 2021

Tabla 30. Comparación estadística del % quema de hoja (40 días)

Variable:% de quema (40 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

i	Grupo 1		Grupo 2	
	Tratamiento 1 (Dron)		Tratamiento 2 (Avioneta)	
n	30		30	
Media	5,37		4,67	
Varianza	0,45		2,23	
Media (1) -Media (2)	0,70			
LI (95)	0,10			
LS (95)	1,30			
pHomVar	<0,0001			
T	2,34			
gl	40			
p-valor	0,0242			

Tomalá, 2021

Tabla 31. Comparación estadística del % quema de hoja (50 días)

Variable:% de quema (50 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

	Grupo 1		Grupo 2	
	Tratamiento 1 (Dron)		Tratamiento 2 (Avioneta)	
n	30		30	
Media	5,23		5,00	
Varianza	0,87		1,45	
Media (1) -Media (2)	0,23			
LI (95)	-0,32			
LS (95)	0,79			
pHomVar	0,1805			
T	0,84			
gl	58			
p-valor	0,4052			

Tomalá, 2021

Tabla 32. Comparación estadística del % quema de hoja (60 días)

Variable:% de quema (60 días) - Clasific:Tratamientos -
prueba:Bilateral

	Grupo 1		Grupo 2	
	Tratamiento 1 (Dron)		Tratamiento 2 (Avioneta)	
n	30		30	
Media	4,70		4,20	
Varianza	0,98		0,72	
Media (1) -Media (2)	0,50			
LI (95)	0,02			
LS (95)	0,98			
pHomVar	0,4120			
T	2,10			
gl	58			
p-valor	0,0397			

Tomalá, 2021

Tabla 33. Comparación estadística del % quema de hoja (70 días)

Variable: % de quema (70 días) - Clasific: Tratamientos -
 prueba: Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	4,23	3,83
Varianza	1,15	1,39
Media (1) - Media (2)	0,40	
LI (95)	-0,18	
LS (95)	0,98	
pHomVar	0,6208	
T	1,38	
gl	58	
p-valor	0,1742	

Tomalá, 2021

Tabla 34. Datos de cobertura de fungicida

N°	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
1	80	85
2	75	92
3	80	85
4	75	90
5	85	95
6	75	80
7	70	90
8	65	92
9	80	95
10	70	87
11	75	89
12	80	90
13	75	92
14	70	90
15	80	85
16	85	88
17	70	89
18	75	90
19	80	92
20	70	95
21	70	96
22	65	88
23	70	80
24	65	92
25	70	94
26	65	90
27	70	85
28	65	88
29	70	90
30	65	94
Total	2190	2688
Promedio	73,00	89,60

Tomalá, 2021

Tabla 35. Comparación estadística de cobertura de fungicida

Variable: Cobertura de fungicida - Clasific: Tratamientos -
prueba: Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Tratamiento 1 (Dron)	Tratamiento 2 (Avioneta)
n	30	30
Media	73,00	89,60
Varianza	37,24	16,59
Media (1) - Media (2)	-16,60	
LI (95)	-19,29	
LS (95)	-13,91	
pHomVar	0,0332	
T	-12,39	
gl	52	
p-valor	<0,0001	

Tomalá, 2021



Figura 4. Dron utilizado en fumigaciones
Tomalá, 2021



Figura 5. Tarjetas hidrosensible por repetición T1
Tomalá, 2021



Figura 6. Tarjetas hidrosensible por repetición T2
Tomalá, 2021



Figura 7. Vista aérea del cultivo de banano
Tomalá, 2021

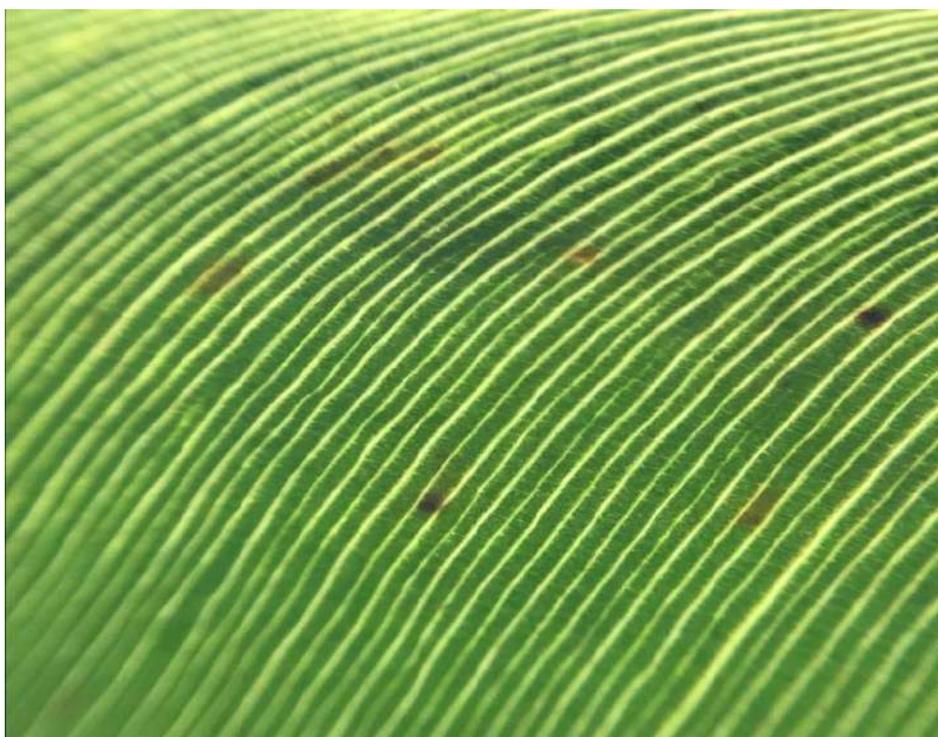


Figura 8. Muestras de severidad de la enfermedad
Tomalá. 2021



Figura 9. Daño de hojas a causa de *Mycosphaerella fijiensis*
Tomalá, 2021



Figura 10. Aplicación de fungicidas a través del dron
Tomalá, 2021



Figura 11. Identificación de Sigatoka negra
Tomalá, 2021



Figura 12. Muestreo en campo de % de hojas
Tomalá, 2021



Figura 13. Muestras de estrías de hojas en campo
Tomalá, 2021



Figura 14. Residuos de aplicaciones en muestras de campo
Tomalá, 2021



Figura 15. Tarjetas de hipersensibilidad por evaluaciones Tomalá, 2021



Figura 16. Visita de campo del tutor guía Tomalá, 2021



Figura 17. Manejo del dron en campo
Tomalá, 2021



Figura 18. Monitoreo del dron en campo
Tomalá, 2021



Figura 19. Fumigación en campo
Tomalá, 2021



Figura 20. Finalización del ensayo experimental
Tomalá, 2021