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

EFECTOS DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa spp*)

TRABAJO EXPERIMENTAL

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

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTOR
RAMOS PEÑA MICHELLE PAULETTE

TUTOR
ING. MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER, M.Sc

MILAGRO – ECUADOR

2022

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

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ING. MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER, M.Sc, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTOS DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa spp*), realizado por la estudiante RAMOS PEÑA MICHELLE PAULETTE; con cédula de identidad N°0922737010, 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,

Ing. Javier Martillo Garcia
Firma del Tutor

Guayaquil, 01 de febrero 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: “EFECTOS DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa spp*),”, realizado por el estudiante RAMOS PEÑA MICHELLE PAULETTE, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

_____

Ing. Macías Hernández David
PRESIDENTE

_____ _____

Ing. Quintanaro Quiroz Paulo
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Martínez Alcívar Fernando
EXAMINADOR PRINCIPAL

_____

Ing. Martillo García Juan
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 21 de diciembre del 2021.

Dedicatoria

A mis padres que han sabido formarme con buenos modales y valores.

También a mi esposo e hijo Enzo que ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios.

Agradecimiento

El principal agradecimiento a Dios que me ha guiado y me ha dado para fortaleza para seguir adelante.

A mis padres, familia y amigas que de una y otra forma me apoyaron en mi trabajo de titulación.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo RAMOS PEÑA MICHELLE PAULETTE, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “EFECTOS DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa spp*)” para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO, 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 autor 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, 29 de marzo del 2022.

RAMOS PEÑA MICHELLE PAULETTE
C.I. 0922737010

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 11

Resumen 12

Abstract 13

1. Introducción 14

1.1 Antecedentes del problema 14

1.2 Planteamiento y formulación del problema 15

1.2.1 Planteamiento del problema 15

1.2.2 Formulación del problema 15

1.3 Justificación de la investigación 15

1.4 Delimitación de la investigación 16

1.5 Objetivo general 16

1.6 Objetivos específicos 16

1.7 Hipótesis 16

2. Marco teórico 17

2.1 Estado del arte 17

2.2 Bases teóricas 18

2.2.1 Generalidades del cultivo de banano 18

2.2.2 Taxonomía y morfología del banano 18

2.2.3 Origen e importancia 19

2.2.4 Requerimientos de la planta 20

2.2.5 Manejo de la planta 21

2.2.6 Principales insectos plaga que afectan al banano 22

2.2.7 Valor nutricional del banano 23

2.2.8 Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) 23

2.2.8.1 Generalidades 23

2.2.8.2 Taxonomía 24

2.2.8.3 Sintomatología 24

2.2.8.4 Ciclo de vida del hongo 24

2.2.9 Sulfato de cobre pentahidratado 25

2.3 Marco legal 25

3. Materiales y métodos 27

3.1 Enfoque de la investigación 27

3.1.1 Tipo de investigación 27

3.1.2 Diseño de investigación 27

3.2 Metodología 27

3.2.1 Variables 27

3.2.1.1. Variable independiente 27

3.2.1.2. Variable dependiente 27

3.2.2 Tratamientos 28

3.2.3 Diseño experimental 29

3.2.4 Recolección de datos 29

3.2.4.1. Recursos *29*

3.2.4.2. Métodos y técnicas *29*

3.2.4.2.1 Selección de plantas *29*

3.2.4.2.2 Manejo de fertilización *29*

3.2.4.2.3 Manejo fitopatológico *29*

3.2.4.2.4 Riego *30*

3.2.4.2.5 Toma de datos *30*

3.2.5 Análisis estadístico **30**

4. Resultados **31**

4.1 Grado de infección de hoja joven **31**

4.2 Número de manos **32**

4.3 Peso del racimo **33**

4.4 Rendimiento del cultivo **34**

4.5 Análisis beneficio costo **35**

5. Discusión **36**

6. Conclusiones **38**

7. Recomendaciones **39**

8. Bibliografía **40**

9. Anexos **49**

Índice de tablas

Tabla 1. Valor nutricional del banano 23

Tabla 2. Tratamientos a evaluarse 28

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza 30

Tabla 4. Promedios del número de manos 32

Tabla 5. Promedio del peso del racimo kg 33

Tabla 6. Promedio del rendimiento del cultivo kg/ha 34

Tabla 7. Análisis beneficio costo 35

Tabla 8. Datos del grado de infección en hojas jóvenes 50

Tabla 9. Datos del número de manos del banano 50

Tabla 10. Análisis estadístico del número de manos del banano 50

Tabla 11. Datos del peso del racimo de banano kg 51

Tabla 12. Análisis estadístico del peso del racimo de banano kg 51

Tabla 13. Datos del rendimiento del cultivo de banano 52

Tabla 14. Análisis estadístico del rendimiento del cultivo de banano 52

Índice de figuras

Figura 1. Evaluación del grado de enfermedad 31
Figura 2. Diseño experimental (DCLR) 49
Figura 3. Señalización de plantas 53
Figura 4. Muestreo de hojas enfermas 53
Figura 5. Visita de campo del tutor guía 54
Figura 6. Aplicación de tratamientos 54
Figura 7. Toma de muestras de hojas enfermas 55
Figura 8. Labores del banano en campo 55
Figura 9. Cosecha del banano 56
Figura 10. Toma de datos del peso del racimo 56
Figura 11. Conteo de manos por tratamientos 57
Figura 12. Empaque del banano 57
Figura 13. Conteo de cajas del banano 58
Figura 14. Muestras en caja petri 58
Figura 15. Número total de muestras 59
Figura 16. Identificación del agente causal en laboratorio 59

Resumen

El presente ensayo experimental fue realizado en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas. Entre los meses de agosto del año 2020 a noviembre del mismo año. El objetivo general fue determinar el efecto de sulfato de cobre pentahidratado para el control de Sigatoka negra en el cultivo de banano (*Musa spp*). El estudio fue constituido por la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado, con una dosis recomendada por la casa comercial bajo distintas frecuencias de aplicación. La dosis establecida fue 700 cc, aplicados en el tratamiento 1 al inicio, día 15 y 45. Mientras el tratamiento 2 fue aplicadas al inicio, día 30 y 60. Se estudió un testigo, al que no recibió aplicación. Se utilizó un diseño experimental cuadro latino, que fue compuesto por tres tratamientos. El ensayo para mayor precisión fue desarrollado por duplicado, generando 18 unidades experimentales. Las variables en estudio son: grado de daños en hojas jóvenes, número de manos, peso del racimo, rendimiento del cultivo y análisis beneficio costo. Los resultados mostraron que el tratamiento 1 y 2 redujo la infección de daños a grado 1, mientras el testigo presentó grado 3 en daños de la hoja. con respecto a la producción el tratamiento 2 con la frecuencia del día 1, 30 y 60 de aplicación mostró promedios más alto en comparación con el demás tratamiento. El rendimiento fue 33092,50 kg/ha; mientras, el análisis económico mostró rentabilidad al mismo trabajo con $2,34.

Palabras clave: banano, frecuencias, *Musa*, Sigatoka negra, sulfato de cobre.

Abstract

The present experimental test was carried out in the Milagro Canton, Guayas Province. Between the months of August of the year 2020 to November of the same year. The general objective was to determine the effect of copper sulfate pentahydrate for the control of black Sigatoka in the banana crop (*Musa spp*). The study consisted of the application of copper sulfate pentahydrate, with a dose recommended by the commercial company under different application frequencies. The established dose was 700 cc, applied in treatment 1 at the beginning, days 15 and 45. While treatment 2 was applied at the beginning, days 30 and 60. A control was studied, to whom no application was received. In this trial, a Latin square experimental design was used, which was composed of three treatments. The trial for greater precision was developed in duplicate, generating 18 experimental units. The variables under study are: degree of damage to young leaves, number of hands, bunch weight, crop yield and cost benefit analysis. The results showed that treatment 1 and 2 reduced the infection of damage to grade 1, while the control presented grade 3 in leaf damage. Regarding production, treatment 2 with the frequency of application days 1, 30 and 60 showed higher averages compared to the other treatment. The yield was 33092.50 kg / ha; meanwhile, the economic analysis showed profitability for the same job with $ 2.34.

Keywords: banana, frequencies, *Musa*, black leaf streak, copper sulfate.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Actualmente, el cultivo de banano se encuentra en el cuarto puesto en el mundo como el alimento más significativo luego del maíz, trigo y arroz, con el 15% promedio de producción. Esto ha contribuido en el desarrollo social y económico en distintos países tropicales e intertropicales para brindar fuentes de trabajo en distintas áreas (Céspedes, 2017).

Además, es considerado como una de las principales fuentes de ingresos en el sector agrícola y brinda resultados positivos con respecto a la producción, también, se considera al banano ecuatoriano, uno de los principales productos de exportación y cultivado debido a sus características agronómicas es considerado de gran importancia que lo diferencia del resto (Nivelo, 2017).

Con respecto a enfermedades, la sigatoka negra es una de las principales en el área foliar en las musáceas, considerada una amenazada en la seguridad alimentaria, además, esta enfermedad provoca daños en el llenado de frutos, que reduce el tamaño y peso del racimo (Cedeño et al., 2017).

Con respecto al manejo de enfermedades, el uso de sulfato de cobre pentahidratado, es utilizado, debido que su presencia en la planta inhibe la actividad de hongos y bacterias, además, funciona como fungicida preventivo que se aplica al follaje de la planta y puede reducir daños (Alquera, 2019).

Por lo tanto, el sulfato de cobre pentahidratado maneja un rol importante en la presencia de hongos de cultivos. Los agricultores emplean el sulfato de cobre bajo mezclas preparadas, esencialmente en soluciones livianas de sulfato de cobre y agua, son aplicadas en el área foliar de las plantas y evita que la patología de la enfermedad avance y sea propagada al resto del cultivo, el cobre actúa sobre el hongo apenas tiene contacto con él (Tacoaman, 2018).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Las bananeras del país son exigentes en cuanto a la calidad y requieren que el fruto ingrese libre de hongos patógenos como es el caso del agente causal de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), dicho patógeno es uno de los principales inconvenientes que asume el sector productivo, donde se producen pérdidas hasta un 80% de su producción.

Por lo tanto, el presente ensayo estudia la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado, que presenta efecto funguicida y bactericida preventivo para disminuir el ataque de sigatoka negra en la producción de la zona de Mariscal Sucre.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de sulfato de cobre pentahidratado para el control de Sigatoka en el cultivo de banano (*Musa spp*)?

1.3 Justificación de la investigación

El cultivo de banano es uno de los más importantes en el país, y se encuentra entre los principales productos en el mundo, luego del maíz, trigo y arroz. Además, el país cuenta con las condiciones climáticas que lo ha permitido convertirse en uno de los principales exportadores, sin embargo, el cultivo se ve afectado por diferentes enfermedades como el caso de la Sigatoka (Muñoz, 2015).

Ante dicha enfermedad, se utiliza el sulfato pentahidratado, que, funciona como fungicida y bactericida, sobre la raíz, hojas, tallos y frutos. Su proceso al ingresar a la planta vía foliar y radicular se transporta por la planta y actúa sobre la presencia de hongos para protegerla (AgriStar, 2017).

1.4 Delimitación de la investigación

El presente ensayo fue realizado en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas. Entre los meses de agosto del año 2020 a noviembre del mismo año.

1.5 Objetivo general

Determinar el efecto de sulfato de cobre pentahidratado para el control de Sigatoka en el cultivo de banano (*Musa spp*).

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar si el sulfato de cobre pentahidratado reduce la presencia del hongo en una plantación orgánica de banano.
- Identificar cuál de los tratamientos reduce la presencia del hongo mediante la aplicación de fungicida, bactericida.
- Realizar un análisis económico entre los tratamientos estudiados.

1.7 Hipótesis

Uno de los tratamientos establecidos reducirá la presencia del hongo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en una plantación de banano.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Moreno (2021), estudió el uso de sulfato de cobre, silicio, difenoconazole, *Trichoderma* y *B. subtilis*, mediante un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones en un cultivo de banano orito, para reducir daños por hongos. Los resultados mostraron que el ingrediente activo difenoconazole presentó mayor eficacia en el manejo de enfermedades.

Alcívar (2015), estudio la eficacia de fungicidas comerciales para el manejo de Sigatoka negra en banano. Los nombres comerciales fueron: Biorgan, Blindax, *Trichoderma harzianum*, Sonata, Timorex, Plandak, Sting, Custon bio5, Desfan y Phyton. Los resultados mostraron que el grado de infección se redujo al 2,30% con la aplicación del fungicida Pyton a base de sulfato de cobre, es decir, el cobre interviene en el desarrollo del hongo patógeno.

Viera (2018), evaluó productos comerciales a base para el manejo de enfermedades en el cultivo de banano, con cinco aplicaciones de los productos y frecuencias de 15 días las 3 primeras aplicaciones y 30 días las 2 últimas. Los resultados mostraron que el producto Scudo a base de componentes de cobre redujo la incidencia con 1,88%.

Mendoza (2016), valoró la eliminación de cobre divalente (Cu+2) de una solución de sulfato de cobre pentahidratado mediante espectrofotometría visible. Lo cual consistió en la remoción de cobre divalente para determinar la cantidad de biosorbente, el tamaño de partícula, tiempo de contacto, pH y la temperatura. Este trabajo fue realizado a nivel de laboratorio.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de banano

Esta musácea es una de las frutas de mayor importancia en el estudio del país, debido a la alta producción de desechos en la postcosecha. Sin embargo, existe alto porcentaje de rechazo del banano, debido a la exigencia que emiten para el proceso de exportación (Faubla y Ponce, 2016).

Esta es una planta herbácea con pseudotallo aéreo, donde nacen de cormos carnosos y se desarrollan en yemas laterales o llamados hijos. Las hojas muestran distribución helicoidal y las hojas circulan en el tallo de donde nace el pseudotallo (Valarezo, 2015).

Pertenece a la clase monocotiledónea y familia de las musáceas, su origen es salvaje y se produce por semilla. Actualmente en Filipina, Nueva Guinea e Indonesia de muestra salvaje. Además, bajo diferentes cruces de plantas se han generado otras variedades muy importantes en el mercado (Carrión, 2018)

2.2.2 Taxonomía y morfología del banano

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musácea

Género: *Musa*

Especie: *paradisiaca*

Nombre: *Musa paradisiaca* L. (Benitez, 2017).

Las raíces se forman en grupos de tres a cuatro, además, son superficiales y se reparten en capas de 30 a 40 cm, mientras para mayor concentración deben

hallarse entre loa 15 y 20 cm de profundidad. Son de tonalidad blanquecina y se vuelven amarillas y dura que miden entre cinco a diez mm de diámetro (Pasiche, 2018).

Bajo tierra se observa al tallo verdadero de la planta, normalmente se lo conoce como cormo, pero técnicamente debe nombrarse rizoma. El crecimiento del rizoma es una cúpula plana donde empieza la formación de las hojas y la inflorescencia (ProMusa, 2016).

Las hojas se originan del meristemo terminal, que se encuentra en la superficie del rizoma. Al inicio aparece la formación del peciolo y nervadura terminando en el filamento, lo que se convertirá en vaina. La nervadura se estira y los bordes se cubren entre sí para formar los semilimbos (EcuRed, 2018).

Las flores se conforman de seis estambres y de tonalidad amarillento. Cada grupo de flores formaran la llamada mano que posee entre tres a 20 frutos o dedos. En cada flor pueden aparecer hasta cuatro manos. Los frutos son de forma ovalada, y se van desarrollando con el tiempo (Arone, 2018).

2.2.3 Origen e importancia

Este cultivo se origina en zonas tropicales de Asia, como Indonesia y Filipinas, además, por la edad media fue propagada la fruta a África, donde se extendió a América y llegó a zonas de Panamá, Ecuador y Colombia. Actualmente, este cultivo se extiende por numerosos países en el mundo (Merchan, 2016).

También, se menciona que el banano tuvo indicios y fue domesticado por el hombre, aproximadamente hace 10 000 años, luego de la época del neolítico, hasta el presente, existiendo una variedad salvaje en la jungla africana, donde fue dominada como Musa *acuminata* (Agrotendencia, 2019).

Además, puede decir que su origen es en Asia meridional, y se dio a conocer desde el año 650 D.C. Esta especie llegó a las Islas Canarias en el siglo XV y llegó a América en 1 516. En Europa utilizan este fruto para la elaboración de postres y es considerada uno de los principales productos de la dieta diaria para un sin número de países (Banelino, 2017).

El banano es uno de los frutos de mayor importancia en el país, y se encuentra entre los cuatro primeros productos a nivel global más significativos. Su importancia va después del arroz, trigo y maíz, se lo considera como producto de gran importancia de exportación y brinda fuentes de trabajo (Mero, 2017).

Es de gran importancia en el país, puesto que puede ser obtenido en todo el año y se lo considera en el mundo, uno de los más importantes por su aportación nutritiva en fibra, potasio, carbohidratos, ácido fólico y magnesio, por lo tanto, se ubica entre los cuatro alimentos más importantes en el mundo (Palomeque, 2015).

Además, de su importancia luego del arroz, maíz y trigo, se lo considera alimento importante en la canasta básica y de exportación, y brinda fuentes de trabajo a muchas familias ecuatorianas en diversas áreas (InfoAgro, 2017).

2.2.4 Requerimientos de la planta

La planta de banano requiere un porcentaje considerable de luz solar al día con un promedio de seis horas, si las condiciones no son las adecuadas, los dedos de la planta no crecen adecuadamente. Además. Si la radiación solar es mayor, la aparición de Sigatoka negra en el banano es menor (Suarez y Suarez, 2020).

La temperatura debe oscilar entre 18,50 °c y 35,50 °c, si la temperatura llega a bajar más de eso, el crecimiento de la planta se ve retardado y afecta su desarrollo fenológico, además si la temperatura es mayor puede existir problemas

de sequías (Tenesaca, 2019). Con respecto a los suelos, el más apropiado es franco arcilloso, franco arenoso, considerándose los más fértiles, drenados y la pendiente aceptable debe ser entre el 0% al 3% (Aucapeña, 2021).

2.2.5 Manejo de la planta

El deshoje se basa en eliminar las hojas que puedan causar daños al racimo, es decir, el deshoje fitosanitario que se eliminan hojas enfermas, que puedan contaminar al resto de plantas y así evitar que se propague algún tipo de patógeno o insecto que pueda afectar el cultivo (Fortis y Unda, 2018).

El deshije sirve para eliminar hijos laterales de la planta o hijos primarios, también se conoce esta práctica para eliminar los conocidos hijos de agua que no serán productivos. Además, sirve para conservar las plantas en una sola hilera y obtener planta madre, hijo y nieto (Vargas et al., 2017).

Mientras el desflore, se eliminan las flores de frutas jóvenes, para evitar daños, como flores secas en la cosecha y transporte del racimo hacia la empacadora, esto puede causar daños en lo que es la calidad del fruto, además esta práctica se realiza antes del desmane (Tigasi, 2017).

Otra labor importante es el desmane, donde se realiza manualmente eliminando los dedos laterales de las manos del racimo, para evitar malformaciones y se facilite el llenado de manos, esta práctica puede realizarse de dos a tres semanas después de enfunde (García, 2018).

El embolse sirve para evitar la presencia de plagas y enfermedades que afecten al racimo de banano, se coloca una funda plástica de polietileno, este ciclo se realiza dos veces por semana (Bravo, 2021).

Mientras la práctica del encintado, permite planificar la cosecha de los racimos cuando son solicitados en el mercado, además, de acuerdo al grado de madurez,

la cinta es puesta en la parte superior del racimo y se amarra en el extremo inferior (Álvarez, 2019).

2.2.6 Principales insectos plaga que afectan al banano

La cochinilla harinosa afecta en todas las etapas del desarrollo del banano, además, produce pérdidas en la cosecha, el nombre que tiene se origina de la secreción de cera blanca, que lo conforman las hembras por alrededor de su cuerpo (Palma et al., 2019).

La escama del banano tiene forma de una escama transparente, es un tipo de plaga que afecta frutos, vainas, tallos y hojas, entre las principales etapas que mayor daño ataca es floración, fructificación y crecimiento vegetativo (Alvarez et al., 2019).

Con respecto a los Trips alcanzan a medir entre 1,18 y 1,34 mm de largo, dependiendo si son machos o hembras; el adulto muestra tonalidad amarillenta pálida y poros glandulares en el abdomen, mientras la hembra en su abdomen muestra espiráculos (RedAgrícola, 2021).

Los escarabajos son insectos que pueden alimentarse de malezas y hojas y tallos de plantas jóvenes de las musáceas. Ocasiona daños en los frutos jóvenes como la aparición de cicatrices, manchas de cascara y por ende la deformación de frutos (Plantix, 2019).

2.2.7 Valor nutricional del banano

Tabla 1. Valor nutricional del banano

Componentes	Unidades	Valores
Agua	Porcentaje	70
Carbohidratos	Porcentaje	27
Proteínas	Porcentaje	1,2
Fibra	Porcentaje	0,5
Grasa	Porcentaje	0,3
Cenizas	Porcentaje	0,9
Calcio	p.p.m	80
Fósforo	p.p.m	290
Hierro	p.p.m	6
Potasio	p.p.m	1920
B-caroteno (vitamina A)	p.p.m	2,4
Tiamina (vitamina B1)	p.p.m	0,5
Riboflavina (vitamina B2)	p.p.m	0,5
Piridoxina (vitamina B6)	p.p.m	3,2
Niacina	p.p.m	7
Ácido ascórbico (vitamina c)	p.p.m	120

Morocho y Ordoñez (2019)

2.2.8 Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)

2.2.8.1 Generalidades

Esta enfermedad es causa por el agente causal *Mycosphaerella fijiensis*, que se encuentra propagado por todo el mundo, y considerada un problema importante para las plantaciones de banano, el primer reporte fue en 1 963 en el pacífico, regiones de África y Asia (Lopez, 2019).

La sigatoka negra comienza con daños en el área foliar, con la aparición de puntos negros que progresivamente se convertirán en manchas y provocará la defoliación total de la planta, sino se resuelve dicho problema rápidamente, además, debilita su capacidad fotosintética (Intagri, 2018).

2.2.8.2 Taxonomía

Reino: *Fungi*

Phyllium: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes1*

Orden: Dothideales

Familia: *Mycosphaerellaceae*

Género: *Mycosphaerella*

Especie: *Mycosphaerella fijensis* (Santillán, 2017).

2.2.8.3 Sintomatología

Entre los primeros síntomas, aparecen puntos marrones con diámetro de 0,25 mm en las hojas de la planta y como la enfermedad avanza, estas aumentan de tamaño y puede provocar la muerte de tejidos foliares y tornándose de marrón negro la hoja (Batallas, 2015).

Los síntomas en las musáceas pueden ocasionar confusión con la sigatoka amarilla, esencialmente en hojas jóvenes con manchas individuales y dan la forma circular u ovalada, además, sus manchas cafés pueden cubrir toda el área foliar en la hoja (Barquet, 2017).

2.2.8.4 Ciclo de vida del hongo

Este hongo se lo considera como una enfermedad policíclica, puesto que el patógeno puede propagarse con facilidad en medio del ciclo de epidemia, además muestra continuidad la dispersión (Caicedo, 2015).

Mycosphaerella fijiensis se presenta con la aparición de esporas sobre el are foliar del banano, además, con las condiciones climáticas favorables con 26°c y 28°c promedio favorece la proliferación del hongo que de dos a seis semanas ya se muestra ante la planta la infección (Cervantes, 2018).

2.2.9 Sulfato de cobre pentahidratado

El sulfato pentahidratado es un fertilizante muy usado en la agricultura, además, el cobre da un valor adicional a dicho producto, que es significativo para la activación de enzimas, las cuales protegen las hojas de plantas contra agentes causales de enfermedades (Fermagri, 2017).

Este producto se compone por los elementos cobre, azufre, oxígeno y agua. En la naturaleza es un sólido cristalino azul y en la agricultura funciona como fertilizante, pesticida, insecticida, fungicida, tiene numerosos usos (Stea, 2020).

Además, sirve para reactivar la flotación de menas que contienen zinc; industria del petróleo; caucho sintético; industria del acero; tratamiento del asfalto natural; colorante cerámico; preparados medicinales (Terralia, 2016).

2.3 Marco legal

La Constitución de la República del Ecuador.

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales

Art. 5. De lo agrario: “Para fines de la presente ley, el término agrario incluye las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, silvícolas, forestales, 27

ecoturísticas, agro-turísticas y de conservación relacionadas con el aprovechamiento productivo de la tierra rural”

Art. 8. De los fines. - Son fines de la presente ley: f) “fortalecer la agricultura familiar campesina en los procesos de producción, comercialización y transformación productiva”. j) “promover la producción sustentable de las tierras rurales e incentivar la producción de alimentos sanos, suficientes y nutritivos, para garantizar la soberanía alimentaria”.

Art. 49. Protección y recuperación. - por ser de interés público, el Estado impulsará la protección, la conservación y la recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales; desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas (Constitución de la República del Ecuador, 2018).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es considerada experimental y evaluó el efecto de sulfato de cobre pentahidratado para el control de Sigatoka en el cultivo de banano (*Musa spp*).

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño empleado de investigación es experimental bajo un cuadro latino compuesto por los tratamientos mencionados en la Tabla 1, además, para mayor precisión del ensayo se realizó por duplicado obteniendo 18 unidades experimentales (Figura 2).

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. Variable independiente

Manejo fitopatológico

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1 Hoja Más Joven Enferma

La presente variable fue tomada de acuerdo a las manchas que se encuentren en las hojas más jóvenes, >10 manchas =grado 1, 11 a 20 machas = grado 2 y <21 manchas = grado 3. El valor de dicha variable fue bajo la suma de los valores individuales de cada planta y dividida entre el número de plantas muestreadas, siendo seis por cada tratamiento.

3.2.1.2.2 Número de manos por racimo

La presente variable fue tomada mediante el conteo de manos que manifestó cada racimo de banano, los cuales se promediaron por tratamiento.

3.2.1.2.3 Peso de racimo

Luego de la cosecha, se tomó cada racimo comercial y fue pesado en la empacadora, para tomar los datos en kilogramos.

3.2.1.2.4 Rendimiento kg/ha

Al finalizar el ensayo experimental se determinó el peso de los racimos recolectados de cada tratamiento, para ser transformados en datos por hectáreas.

3.2.1.2.5 Análisis Costo/Beneficio

Al finalizar el ensayo experimental, fue calculado el beneficio costo de cada tratamiento bajo el presupuesto total, rendimiento del cultivo, gastos de producción y otras labores.

3.2.2 Tratamientos

El estudio fue constituido por la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado, con una dosis recomendada por la casa comercial bajo distintas frecuencias de aplicación. La dosis establecida fue 700 cc, aplicados en el tratamiento 1 al inicio, día 15 y 45. Mientras el tratamiento 2 fue aplicadas al inicio, día 30 y 60. Se estudió un testigo, al que no recibió aplicación.

Tabla 2. Tratamientos a evaluarse

Nº	Tratamientos	Dosis	Días de aplicación
1	Sulfato de cobre pentahidratado	700 cc	1 – 15 – 45
2	Sulfato de cobre pentahidratado	700 cc	1 – 30 – 60
3	Testigo		Sin aplicación

Ramos, 2021

3.2.3 Diseño experimental

En el presente ensayo se utilizó un diseño experimental cuadro latino, que fue compuesto por tres tratamientos mencionados en la Tabla 1. El ensayo para mayor precisión fue desarrollado por duplicado, generando 18 unidades experimentales.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

La información utilizada en la investigación fue obtenida de libros, revistas científicas, tesis de grado, sitio web, guías e informes técnicos. Mientras los materiales que utilizamos fue la plantación orgánica de banano, sulfato de cobre pentahidratado, Bomba de fumigar, estacas, letreros con nombre del tratamiento, equipo de medición, bomba de riego, balanza digital, libros de campo, agenda de notas, cámara fotográfica

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1 Selección de plantas

Las plantas fueron seleccionadas al azar, bajo el croquis utilizado (figura 2), además, se colocó un letrero con el número del tratamiento correspondiente. Dónde se generó 18 unidades experimentales.

3.2.4.2.2 Manejo de fertilización

Se realizó la fertilización mediante los nutrientes minerales que necesitó el cultivo de banano.

3.2.4.2.3 Manejo fitopatológico

Fue realizada esta labor mediante la aplicación del sulfato de cobre pentahidratado para reducir la presencia de Sigatoka negra con las dosis 700 cc en cada tratamiento, con diferentes frecuencias de aplicación.

3.2.4.2.4 Riego

Se realizó dicha labor, bajo las necesidades del cultivo por aspersión.

3.2.4.2.5 Toma de datos

Se tomarán datos de la incidencia de sigatoka, la cosecha se realizará cuando el racimo presente el número de manos apropiado y se realizará el peso de cada racimo.

3.2.5 Análisis estadístico

La evaluación estadística se realizó mediante el análisis de varianza, cuyo esquema se detalla a continuación. Los datos fueron promediados estadísticamente mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, para determinar el mejor tratamiento.

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamiento	2
Fila	2
Columna	2
Réplica	1
Error experimental	10
Total	17

Ramos, 2021

4. Resultados

4.1 Grado de infección de hoja joven

En base a la escala obtenida de los grados de enfermedad, se detalla en la Figura 1, que el tratamiento 1 comprendido por Sulfato de cobre pentahidratado a frecuencia de del día 1, 15 y 45; y el tratamiento 2 Sulfato de cobre pentahidratado con frecuencias del día 1, 30 y 60 presentaron daños de grado 1; a diferencia del testigo que no recibió ninguna aplicación el daño en hojas alcanzó a grado 3 correspondiente a más de 21 manchas foliares.

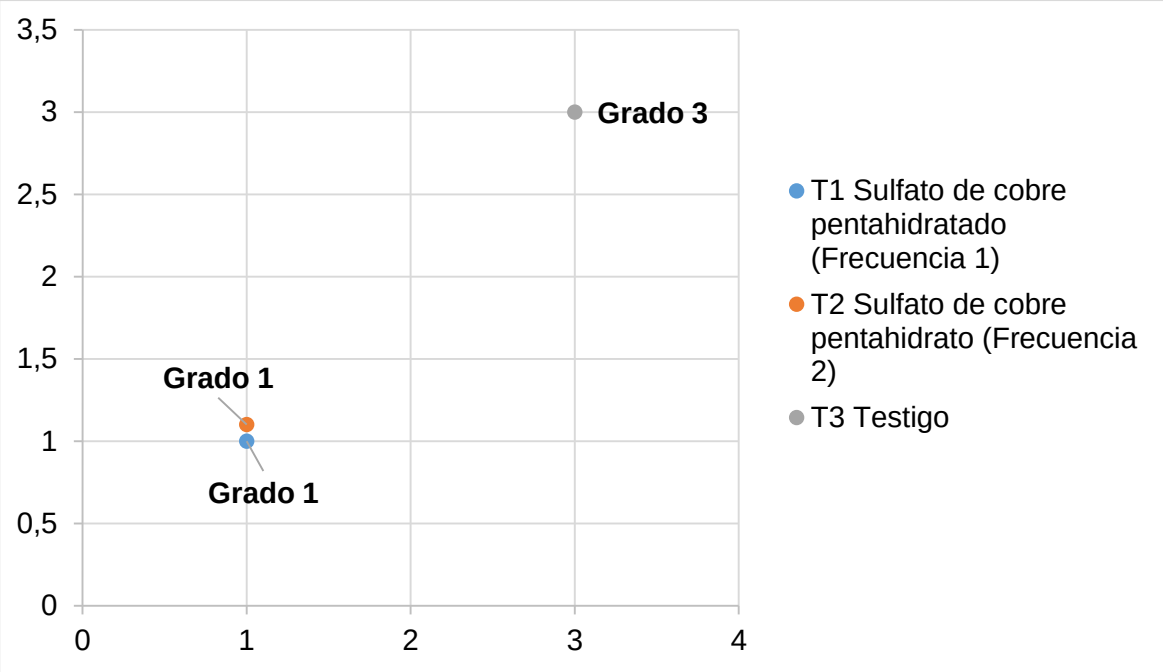

Figura 1. Evaluación del grado de enfermedad
Ramos, 2021

4.2 Número de manos

La interpretación de datos a la variable del número de manos de banano, manifestó letras diferentes, es decir, que existe significancia entre los tratamientos en estudio. El tratamiento 2 comprendido por el sulfato de cobre pentahidratado con la frecuencia 1, 30 y 60 con nueve manos promedio, seguido del tratamiento 1 con la frecuencia 1, 15 y 45 con 8 manos promedio. El coeficiente de variación que se obtuvo en el ensayo fue 11,92%.

Tabla 4. Promedios del número de manos

Tratamientos	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	8ab
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	9a
T3 Testigo	7b
Cv	11,92

Ramos, 2021

4.3 Peso del racimo

La interpretación de datos a la variable del peso del racimo del banano, muestra letras diferentes, es decir, que existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. El tratamiento 2 comprendido por el sulfato de cobre pentahidratado con la frecuencia 1, 30 y 60 con 25,83 kg promedio del racimo, seguido del tratamiento 1 con la frecuencia 1, 15 y 45 con 22,33 kg promedio del racimo. Además, el testigo presentó 19,67 kg promedio. El coeficiente de variación que se obtuvo en el ensayo fue 5,94%.

Tabla 5. Promedio del peso del racimo kg

Tratamientos	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	22,33 b
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	25,83 a
T3 Testigo	19,67 c
Cv	5,94

Ramos, 2021

4.4 Rendimiento del cultivo

La comparación de la variable rendimiento de banano indica letras diferentes en su valoración, es decir, existe diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio. El promedio más alto fue dado por tratamiento 2 comprendido por el sulfato de cobre pentahidratado con la frecuencia 1, 30 y 60 con 33092,50 kg/ha, mientras el tratamiento 1 con la frecuencia 1, 15 y 45 manifestó 28609,00 kg/ha promedio. El promedio más bajo fue dado por el testigo 25193,00 kg/ha. El coeficiente de variación que se obtuvo en el ensayo fue 5,94%.

Tabla 6. Promedio del rendimiento del cultivo kg/ha

Tratamientos	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	28609,00 b
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	33092,50 a
T3 Testigo	25193,00 c
Cv	5,94

Ramos, 2021

4.5 Análisis beneficio costo

El análisis beneficio costo se obtuvo del rendimiento alcanzado de banano, además, el costo en el mercado, costos de producción y beneficio costo de cada uno. La Tabla 7 indica que el tratamiento 2 correspondido por Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2) obtuvo el B/C más alto, con valores $2,34. Esto es considerado rentable para el agricultor. Seguido el tratamiento 1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1) con $1,89; mientras el valor del testigo fue inferior $1,55.

Tabla 7. Análisis beneficio costo

COMPONENTES	T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	T3 Testigo
Rendimiento Kg/ha	28609,00	33092,50	25193,00
Rendimiento Cajas (18,14 kg)	1577	1824	1389
Precio de caja $	6,60	6,60	6,60
Costo fijo ($)	3500	3500	3500
Costo Variable ($)	100	100	100
Costo Total	3600	3600	3600
Ingreso Bruto ($)	10409,01	12040,27	9166,14
Beneficio Neto ($)	6809,01	8440,27	5566,14
Relación BENEFICIO/COSTO	1,89	2,34	1,55

Ramos, 2021

5. Discusión

De acuerdo a la evaluación del sulfato pentahidratado reduce la presencia del hongo de la Sigatoka negra, se determinó que el tratamiento 1 a base de Sulfato de cobre pentahidratado con frecuencias de del día 1, 15 y 45; y el tratamiento 2 Sulfato de cobre pentahidratado con frecuencias del día 1, 30 y 60 redujeron los daños de la enfermedad al grado 1; a diferencia del testigo que no recibió ninguna aplicación y el daño en hojas alcanzó a grado 3 correspondiente a más de 21 manchas foliares. Ante esto, los resultados de Alcívar (2015), muestran semejanza con la presente investigación, que concuerda que los productos a base de sulfato de cobre reducen significativamente la presencia de agentes causales en el cultivo de banano. A diferencia de Moreno (2021), que no concuerda con dicha mención, pues en su evaluación otros ingredientes activos sobresalieron al sulfato de cobre.

De acuerdo al segundo objetivo que valoró que tratamiento presentó mayores promedios sobre las variables evaluadas, se determinó que el tratamiento 2 comprendido por el sulfato de cobre pentahidratado con la frecuencia 1, 30 y 60 obtuvo 25,83 kg promedio del racimo, y con respecto al rendimiento del cultivo el mismo tratamiento con la frecuencia 1, 30 y 60 obtuvo 33092,50 kg/ha, mientras el tratamiento 1 con la frecuencia 1, 15 y 45 manifestó 28609,00 kg/ha promedio. El promedio más bajo fue dado por el testigo 25193,00 kg/ha. Viera (2018), informa que el uso de este componente reduce la presencia de hongos fitopatógenos, y por ende la producción, lo que brinda efectos positivos no solamente en reducir daños sino en la producción.

Y para determinar el análisis económico de los tratamientos se manifestó que el tratamiento 2 correspondido por Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)

obtuvo el B/C más alto, con valores $2,34. Esto es considerado rentable para el agricultor. Calvo (2015), menciona que el uso de nutrientes incluidos en el manejo fitosanitario reduce las prácticas de plaguicidas y fertilizantes, antes eso produce un abaratamiento de costos de producción que beneficia al agricultor.

6. Conclusiones

En base a la interpretación de resultados se concluye lo siguiente:

El uso de cobre pentahidratado reduce la presencia del hongo *Mycosphaerella fijiensis* de Sigatoka negra, con promedios de grado 1 para los tratamientos 1 y 2. en diferentes frecuencias.

El tratamiento 2 comprendido por Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencias al día 1, 30 y 60) presentó el promedio más alto en las variables evaluados como número de manos y peso del racimo.

El rendimiento más alto fue dado por Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencias al día 1, 30 y 60) con 33092,50 kg/ha, en empaque con 1824 cajas y el B/C fue $2,34; considerándose rentable.

7. Recomendaciones

En base a las conclusiones obtenidas se recomienda lo siguiente:

Incluir en el manejo fitosanitario el uso de sulfato de cobre pentahidratado, por sus características en reducir la presencia del agente causal *M. fijiensis* en el cultivo de banano.

Probar diferentes frecuencias de aplicación de Sulfato pentahidratado, que se comprobó que las frecuencias de aplicación influyen en el desarrollo del hongo y cultivo.

Realizar una retroalimentación a los pequeños y medianos productores sobre la importancia del uso del sulfato pentahidratado y las características importantes que brinda en el sector agrícola.

8. Bibliografía

AgriStar. (2017). *Phyton – Sulfato de cobre Pentahidratado 26,6% SC*. Obtenido de http://agristar.com.ar/portfolio/phyton-sulfato-de-cobre-pentahidratado-266-sc/

Agrotendencia. (2019). *Cultivo de Banano*. Obtenido de https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-banano/

Alcívar, B. (2015). *Evaluación varios fungicidas y un entomopatogeno para el control de sigatoka negra mycosphaerella fijiensis en banano orgánico.* Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4706

Alquera. (2019). *Usos del sulfato de cobre*. Obtenido de https://www.alquera.com/es/usos-sulfato-de-cobre

Álvarez, E. (2019). *Cultivo de plátano (Musa paradisiaca)*. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf

Alvarez, T., Jimenez, M., Negrete, N., & Viteri, A. (2019). *Plagas y enfermedades del cultivo de banano*. Obtenido de https://es.slideshare.net/SanticrisJJ/plagas-yenfermedadesbananoecuador

Arone, R. (2018). *Morfología de Las Plantas de Plátano*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/380719456/Morfologia-de-Las-Plantas-de-Platano

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/cia_inv_view.php?id=36261&option=view

Banelino. (2017). *Orígenes del Banano: variedades y siembra*. Obtenido de https://banelino.com.do/2017/06/26/origenes-del-banano-variedades-y-siembra/

Barquet, D. (2017). *Evaluación de la incidencia del ozono sobre Mycosphaerella fijiensis (Sigatoka Negra) reproducida en condiciones in vitro en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.* Tesis de grado, Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7703/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-109.pdf

Batallas, E. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de banano (musa paradisiaca l.) sector Los Laureles, cantón La Maná, Cotopaxi 2015.* Tesis de grado, Unidad Academica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Latacunga. Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2512

Benitez, 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 Tecnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25053

Bravo, E. (2021). *Fertilización edáfica en Drench con ormus marino e el culivo de banano (Musa acuminata AAA).* Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=36283&option=view

Caicedo, E. (2015). *Fungicidas orgánicos para el control de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella finjiensis), en el cultivo de banano (Musa AAA) Valencia-Los Ríos.* Tesis de grado, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/325/1/T-UTEQ-0016.pdf

Calvo, M. (29 de Diciembre de 2015). El azufre. *Agricultores, Red de especialistas.*, pág. 1.

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, Guayas. Obtenido de http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10345

Cedeño, G., Suárez, C., Vera, D., Fadda, C., Jarvis, D., & Santis, P. (2017). Detección temprana de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* en genotipos locales de Musáceas en Ecuador. *Scientia Agropecuaria, 8*(1), 29 – 42. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n1/a03v8n1.pdf

Cervantes, A. (2018). *Aplicación de fungicidas para controlar sigatoka negra mycospharella fijiensis morelet mediante dos tipos de bomba en platilla de banano.* Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12433

Céspedes, A. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica.* Ficha Tecnica, CATIE.; Ministerio de Agricultura y Ganadería., Costa Rica. Obtenido de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2018). *Asamblea Constituyente*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf

EcuRed. (2018). *Plátano*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Pl%C3%A1tano

Faubla, A., & Ponce, H. (2016). *Evaluación bromatológica y toxicológica de microorganismos específicos en la obtención del ensilaje de banano verde (Musa sapientum).* Tesis de grado, Escuela Superior Politecnica, Calceta. Obtenido de http://190.15.136.145/bitstream/42000/261/1/TAI102.pdf

Fermagri. (2017). *Sulfato de cobre*. Obtenido de http://www.fermagri.com/sulfato-de-cobre.html

Fortis, M., & Unda, M. (2018). *Análisis de los estándares de calidad de la producción de banano y su incidencia en la obtención de certificaciones para la exportación en Agricola Jambeli, Agrijam S.A.* Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28290

García, L. (2018). *Análisis del proceso de desmane en el cultivo de banano, Banasa, Coatepeque, Quetzaltenango.* Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Obtenido de http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/06/14/Garcia-Luis.pdf

InfoAgro. (2017). *El cultivo del plátano (banano)*. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp

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

Lopez, 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 Tecnologico 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.

Mendoza, C. (2016). *Evaluación de la capacidad biosortiva de la cáscara de banano en la eliminación de cobre divalente (Cu+2) de una solución de sulfato de cobre pentahidratado, a escala laboratorio, mediante espectrofotometría visible.* Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC4370

Merchan, M. (2016). *Análisis de las características organolépticas del banano tipo cavendish para su aplicación en la repostería y pastelería de autor.* Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26293/3/Tesis.pdf

Mero, G. (2017). *Niveles de fertilizacion en la incidencia de plagas en el cultivo del platano (Musa. AAB) barraganete.* Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi, El Carmen. Obtenido de

https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/123/1/ULEAM-AGRO-0014.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 de los Tsáchilas. Obtenido de http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24112

Morocho, V., & Ordoñez, B. (2019). *Elaboración de chicha de quinua y de banano para su aplicación como ablandadores de cortes duros de res y borrego.* Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Cuenca.

Muñoz, R. (2015). *Cirugía en el racimo de banano (musa spp) variedad gran william y su incidencia en la producción por hectárea.* Tesis de grado, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2397/1/T-UTEQ-0307.pdf

Nivelo, J. (2017). *Incidencia del manejo del retorno en la producción del cultivo de banano subgrupo cavendish en la Provincia de El Oro.* Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10531

Palma, M., Blanco, M., & Guillén, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agron. Mesoam, 30*(1), 18. Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v30n01_281.pdf

Palomeque, D. (2015). *Analisis de la variacion de las exportaciones de banano de ecuador hacia los principales socios comerciales durante el periodo 2008-2013.* Tesis de grado, Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de http://201.159.222.99/bitstream/datos/5236/1/11616_esp.pdf

Pasiche, L. (2018). *Control de hongos asociados a la pudrición de la corona y detección del inóculo primario en frutos de banano orgánico de exportación en Piura.* Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Peru. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/250077617.pdf

Plantix. (2019). *Escarabajo cicatrizante del plátano*. Obtenido de https://plantix.net/es/library/plant-diseases/600172/banana-fruit-scarring-beetle

ProMusa. (2016). *Morfología de la planta del banano*. Obtenido de http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano#:~:text=El%20tallo%20verdadero%20del%20banano,la%20inflorescencia%20(ver%20abajo).

RedAgrícola. (2021). *Banano orgánico: estrategia para control de la mancha roja pasa por implementar prácticas culturales y apostar por el biocontrol*. Obtenido de https://www.redagricola.com/pe/banano-organico-estrategia-para-control-de-la-mancha-roja-pasa-por-implementar-practicas-culturales-y-apostar-por-el-biocontrol/

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 Tecnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4139/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000074.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Stea, M. (2020). *Sulfato de cobre pentahidratado: estructura, propiedades, usos*. Obtenido de https://www.lifeder.com/sulfato-de-cobre-pentahidratado/

Suarez, J., & Suarez, L. (2020). *Efectividad del hongo Beauveria bassiana en trampas para el manejo del picudo del cultivo de plátano (Cosmopolites*

sordidus: Coleoptera-Curculionidae) Tonalá- Chinandega, 2019. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/4075/

Tacoaman, D. (2018). *Evaluación de productos orgánicos para el control de antracnosis (Colletotrichum spp.) en cultivo de brócoli en Pishilata Provincia de Tungurahua.* Tesis de grado, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29086/1/Tesis-218%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20615.pdf

Tenesaca, S. (2019). *Determinación de la dosis optima 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/handle/48000/15165

Terralia. (2016). *COBRE 25%. SS Sulfato de cobre pentahidratado*. Obtenido de https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?composition_id=13411

Tigasi, C. (2017). *Cultivo de alta densidad en banano (Musa pararadisíaca Var. Cavendish).* Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná. Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4119

Valarezo, A. (2015). *Detección temprana de mutantes de banano tolerantes o resistentes a Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis, Morelet) en condiciones de vivero*. Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1073

Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). *Cultivo de banano.* Ficha técnica, CATIE, Costa Rica. Obtenido de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf

Viera, J. (2018). *Evaluación in vitro de compuestos bactericidas y eficacia en campo en el control de la enfermedad de pudrición blanda (pectobacterium chrysanthemi) en el cultivo de banano, Piura.* Universidad Nacional de Piura, Perú. Obtenido de https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1678

9. Anexos

T1	T2	T3
T3	T1	T2
T2	T3	T1
T1	T2	T3
T3	T1	T2
T2	T3	T1

Figura 2. Diseño experimental (DCLR)
Ramos, 2021

Tabla 8. Datos del grado de infección en hojas jóvenes

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	1	2	2	1	1	1	1
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	2	1	1	1	1	2	1
T3 Testigo	3	2	3	3	3	2	3

Ramos, 2021

Tabla 9. Datos del número de manos del banano

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	8	7	9	8	9	7	8
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	8	9	7	9	9	9	9
T3 Testigo	7	5	7	8	6	7	7

Ramos, 2021

Tabla 10. Análisis estadístico del número de manos del banano

Número de manos

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Número de manos	18	0,71	0,39	11,92

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,83	9	1,87	2,21	0,1393
Tratamientos	10,78	2	5,39	6,36	0,0222
Filas	2,94	5	0,59	0,70	0,6420
Columnas	3,11	2	1,56	1,84	0,2207
Error	6,78	8	0,85		
Total	23,61	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51850

Error: 0,8472 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2 Sulfato de cobre pentah..	8,50	6	0,38	A	
T1 Sulfato de cobre pentah..	8,00	6	0,38	A	B
T3 Testigo	6,67	6	0,38		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Ramos, 2021

Tabla 11. Datos del peso del racimo de banano kg

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	20	23	22	24	20	25	22,33
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	25	27	25	26	24	28	25,83
T3 Testigo	20	22	17	18	20	21	19,67

Ramos, 2021

Tabla 12. Análisis estadístico del peso del racimo de banano kg

Peso de racimo

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Peso de racimo	18	0,91	0,81	5,94

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	149,83	9	16,65	9,22	0,0023
Tratamientos	114,78	2	57,39	31,78	0,0002
Filas	30,94	5	6,19	3,43	0,0597
Columnas	4,11	2	2,06	1,14	0,3672
Error	14,44	8	1,81		
Total	164,28	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,21678

Error: 1,8056 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2 Sulfato de cobre pentah..	25,83	6	0,55	A	
T1 Sulfato de cobre pentah..	22,33	6	0,55		B
T3 Testigo	19,67	6	0,55		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Ramos, 2021

Tabla 13. Datos del rendimiento del cultivo de banano

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 1)	25620	29463	28182	30744	25620	32025	28609,00
T2 Sulfato de cobre pentahidratado (Frecuencia 2)	32025	34587	32025	33306	30744	35868	33092,50
T3 Testigo	25620	28182	21777	23058	25620	26901	25193,00

Ramos, 2021

Tabla 14. Análisis estadístico del rendimiento del cultivo de banano

Rendimiento kg/ha

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Rendimiento kg/ha	18	0,91	0,81	5,94

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	245870656,50	9	27318961,83	9,22	0,0023
Tratamientos	188345857,00	2	94172928,50	31,78	0,0002
Filas	50778626,50	5	10155725,30	3,43	0,0597
Columnas	6746173,00	2	3373086,50	1,14	0,3672
Error	23702770,00	8	2962846,25		
Total	269573426,50	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2839,69504

Error: 2962846,2500 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2 Sulfato de cobre pentah..	33092,50	6	702,71	A	
T1 Sulfato de cobre pentah..	28609,00	6	702,71		B
T3 Testigo	25193,00	6	702,71		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Ramos, 2021

Figura 3. Señalización de plantas
Ramos, 2021

Figura 4. Muestreo de hojas enfermas
Ramos, 2021

Figura 5. Visita de campo del tutor guía
Ramos, 2021

Figura 6. Aplicación de tratamientos
Ramos, 2021

Figura 7. Toma de muestras de hojas enfermas
Ramos, 2021

Figura 8. Labores del banano en campo
Ramos, 2021

Figura 9. Cosecha del banano
Ramos, 2021

Figura 10. Toma de datos del peso del racimo
Ramos, 2021

Figura 11. Conteo de manos por tratamientos
Ramos, 2021

Figura 12. Empaque del banano
Ramos, 2021

Figura 13. Conteo de cajas del banano
Ramos, 2021

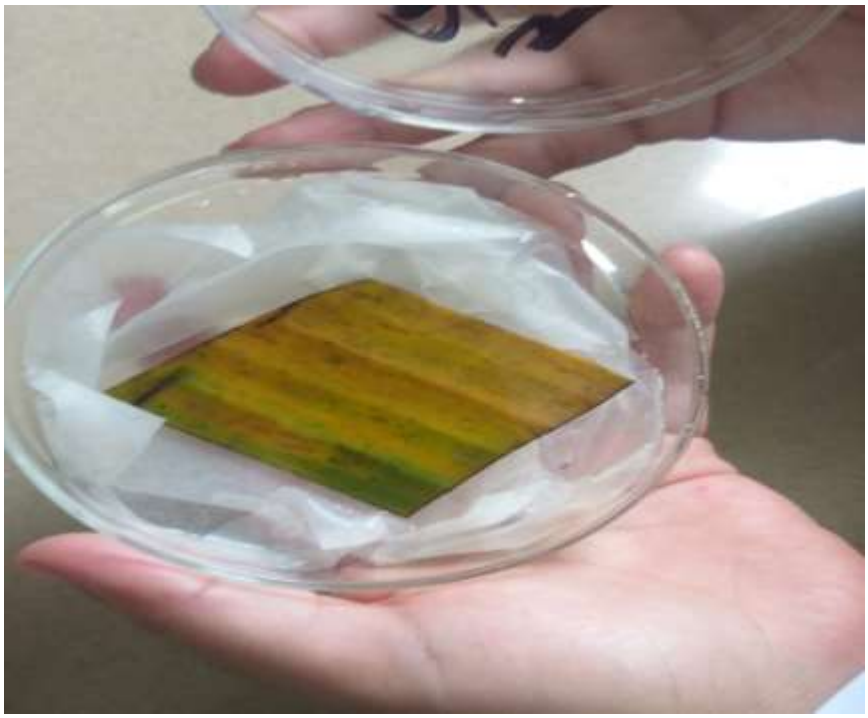

Figura 14. Muestras en caja petri
Ramos, 2021

Figura 15. Número total de muestras
Ramos, 2021

Figura 16. Identificación del agente causal en laboratorio
Ramos, 2021