



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGIENERIA AGROPECUARIA

TEMA

**Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el
Fusarium oxysporum Raza 1 en el cultivar de banano (*Musa
acuminata* AAA) Gros Michel a nivel de invernadero.**

AUTOR

Tito José Villalta Borja

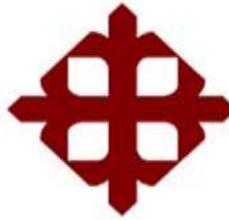
**Trabajo del componente práctico del examen complejo
previo a la obtención del grado de
INGENIERO AGROPECUARIO**

TUTOR

Ing. Llerena Hidalgo Ángel Bernardo, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

Septiembre de 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Trabajo del componente práctico del examen complejo, fue realizado en su totalidad por **Villalta Borja Tito José**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuaria**.

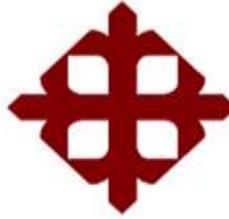
TUTOR

Ing. Llerena Hidalgo Ángel Bernardo, Ph.D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Dr. Franco Rodríguez, John Eloy, Ph.D.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Villalta Borja Tito José

DECLARO QUE:

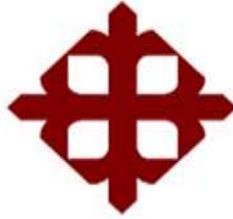
El Trabajo del componente práctico del examen complejo, **Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el *Fusarium oxysporum* Raza 1 en el cultivar de banano (*Musa acuminata* AAA) Gros Michel a nivel de invernadero**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020

AUTOR

Villalta Borja Tito José



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

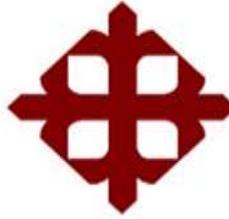
Yo, Villalta Borja Tito José

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo del componente práctico del examen complejo, **Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el *Fusarium oxysporum* Raza 1 en el cultivar de banano (*Musa acuminata* AAA) Gros Michel a nivel de invernadero**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020

AUTOR

Villalta Borja Tito José



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo del componente práctico del examen complejo **Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el *Fusarium oxysporum* Raza 1 en el cultivar de banano (*Musa acuminata* AAA) Gros Michel a nivel de invernadero**, presentado por la estudiante **Villalta Borja Tito José** de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Fuente:

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph.D
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.
Revisora – URKUND

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por poder lograr una de mis metas de mi vida y por guiarme en mi camino para lograr este propósito anhelado, a mis padres Tito Villalta Montalvo y Marta Borja Pérez por su compañía y apoyo durante toda mi vida que son pilar fundamental en todos mis propósitos y metas.

Agradezco a mis hermanas María Gabriela y Marta María por siempre estar a mi lado brindándome ese pequeño sus consejos y apoyo tan necesario y especial que son para mí. A mis abuelos y mis tíos por cuidar siempre cuidar de mi.

A mi tutor Ing. Ángel Llerena Hidalgo por acompañarme y guiarme brindándome su conocimiento profesional junto a su apoyo durante este anteproyecto y mi carrera universitaria.

A mi profesor Ing. Alberto Peñalver Romeo por ayudarme durante el proceso de diseño estadístico, gran amigo y excelente docente durante mi carrera universitaria.

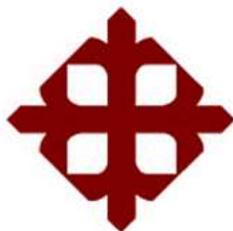
A mi profesora Ing. Paola Pincay Figueroa por guiarme durante el proceso de titulación en redacción del anteproyecto y despejar mis dudas en inconvenientes del ensayo.

Mis compañeros de clases con quienes recorrimos este duro camino de educación con un mismo propósito en busca del conocimiento para impartirlo como futuros profesionales. Mis dos compañeras y mejores amigas de la universidad María Belén Arteaga y Andrea Aguayo por no dejarme vencer y apoyándome en este fuerte camino.

DEDICATORIA

A Dios, por el conocimiento, guía y la oportunidad de estudiar. A mis padres por no dejarme vencer nunca ante cualquier adversidad que tenga en mi camino. Su amor y cariño que siempre me brindan al cuidarme y guiarme. A mis abuelos por siempre creer en mí y apoyándome para lograr mis sueños.

A mis hermanas por su apoyo incondicional brindándome su cariño y afecto en los momentos mas fuertes que se presentan en mi vida. Mis sobrinos que quiero mucho y estar para ellos siempre.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Llerena Hidalgo Ángel Bernardo, Ph.D.

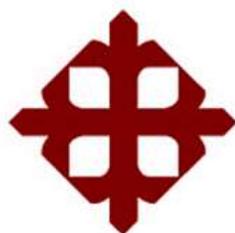
TUTOR

Dr. Franco Rodríguez, John Eloy, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, M.Sc.

COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CALIFICACIÓN

Ing. Llerena Hidalgo Ángel Bernardo, Ph.D.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general.....	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2 Hipótesis.....	4
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Historia de banano.....	5
2.2 Aspectos generales del cultivo de banano.....	5
2.3 Taxonomía.....	6
2.4 Importancia Económica del banano hacia el Ecuador	7
2.5 Principales sectores de producción	8
2.6 Gros Michel.....	9
2.7 Emisión foliar de banano	10
2.8 Enfermedades de banano.....	10
2.8.1 Mal de Panamá.....	10
2.8.2 Proceso de infección de FOC sobre la planta.	11
2.8.3 Síntomas del Mal de Panamá.	12
2.8.4 Sigatoka negra.....	13
2.8.5 Síntomas de Sigatoka negra.	14
2.9 Ozono	14
2.9.1 Proceso de ozonización.	15
2.9.2 El ozono como desinfectante.	17
2.9.3 Ozono en la agricultura.	17
2.10 Método de Stover	18
3 MARCO METODOLÓGICO	21
3.1 Ubicación	21
3.2 Características climáticas	21

3.3 Materiales y métodos	22
3.3.1 Material vegetativo.....	22
3.3.2 Materiales de laboratorio.....	22
3.3.3 Materiales de invernadero.....	23
3.4 Caracterización de cultivo.....	23
3.5 Diseño del experimento	23
3.5.1 Diseño experimental seleccionado.....	23
3.5.2 Tratamientos.....	25
3.5.3 Unidad experimental.....	26
3.5.4 Delimitación de área de ensayo.....	26
3.6 Variables a evaluar.....	27
3.6.1 Datos sanitarios.....	27
3.6.2 Datos agronómicos.....	27
3.7 Cálculo de dosis por maceta.....	27
3.8 Análisis estadístico.....	28
3.8.1 Análisis de prueba a posteriori y verificación de ANOVA.....	29
3.9 Manejo del ensayo.....	29
3.10 Dosis óptima de aceite ozonizado l/ha.....	30
3.11 Metodología de evaluación	30
4 RESULTADOS ESPERADOS.....	31
4.1 Académico.....	31
4.2 Técnico.....	31
4.3 Económico.....	31
4.4 Participación ciudadana	31
4.5 Científico.....	31
4.6 Tecnológico.....	32
4.7 Social.....	32
4.8 Ambiental.....	32
4.9 Cultural.....	32
4.10 Contemporáneo	32
5 DISCUSIÓN.....	33
5.1 Afectación de la enfermedad sobre la hoja de acuerdo a escala de Stover	33
5.2 Presentación de síntomas de Foc	33

5.3 Número de hojas presentes por semana	33
5.4 Circunferencia de pseudotallo	34
5.5 Altura de planta.	34
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del banano	6
Tabla 2. Compatibilidad vegetativa con FOC	11
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) a utilizar en diseño	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Método de Stover modificada por Gauhl	20
Gráfico 2. Ubicación geográfica de la UCSG	21

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar la eficiencia del aceite ozonizado para controlar el hongo *Fusarium oxysporum cubense* Raza 1, el cual provoca la enfermedad del Mal de Panamá en el cultivo de banano de la variedad Gros Michel. El hongo, causa una obstrucción de los haces vasculares de la planta, provocando la muerte de la misma. La investigación se realizará durante 3 meses, a nivel de laboratorio y a nivel de invernadero. Esta investigación nos permitirá evaluar, el efecto que tiene el hongo Foc, el cual será inoculado en el sustrato previo al trasplante, del rizoma de banano para poder comprobar la eficiencia del efecto del aceite ozonizado. El hongo, será replicado en un medio de cultivo PDA para su reproducción y posteriormente, será inoculado en el sustrato. Se aplicará un diseño completamente aleatorizado mono factorial y Andeva del ensayo experimental que evaluará cada una de las variables, para cumplir con el objetivo general. Se determinará el mejor tratamiento dependiendo de los reportes semanales, tomando en cuenta el método de Stover modificado por Gauhl y las variables propuestas, analizadas por el paquete estadístico InfoStat de las pruebas posteriori Test LSD Fisher. Se espera obtener una respuesta positiva, influenciado por una metodología alternativa, reduciendo el uso indiscriminado de los fungicidas convencionales, que el productor bananero esta acostumbrado a recurrir para el control de esta enfermedad conocida como mal de panamá en el cultivar Gros Michel. Estos resultados podrán ser extrapolados a la variedad que se siembra comercialmente Cavendish a nivel mundial.

Palabras claves: Aceite ozonizado, Mal de Panamá, Banano, Gros Michel, Cavendish.

ABSTRACT

The present work aims to determine the efficiency of the ozonized oil to control the fungus *Fusarium oxysporum cubense* Race 1, which causes the disease of Panama Disease in the banana crop of the Gros Michel variety. The fungus causes an obstruction of the vascular bundles of the plant, causing its death. The research will be carried out for 3 months, at the laboratory level and at the greenhouse level. This research will allow us to evaluate the effect of the Foc fungus, which will be inoculated in the substrate prior to transplantation, of the banana rhizome in order to verify the efficiency of the effect of the ozonized oil. The fungus will be replicated in a PDA culture medium for its reproduction and later, it will be inoculated into the substrate. A completely randomized mono factorial and Andeva design of the experimental trial will be applied that will evaluate each of the variables, to meet the general objective. The best treatment will be determined depending on the weekly reports, taking into account the Stover method modified by Gauhl and the proposed variables, analyzed by the InfoStat statistical package of the LSD Fisher posterior tests. It is expected to obtain a positive response, influenced by an alternative methodology, reducing the indiscriminate use of conventional fungicides, which the banana producer is used to resorting to for the control of this disease known as Panama disease in the cultivar Gros Michel. These results can be extrapolated to the variety that is commercially planted Cavendish Worldwide.

Key words: Ozonated oil, Panama disease, Banana, Gros Michel, Cavendish.

1 INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa acuminata* AAA) es la fruta con la mayor producción a nivel mundial, alcanzando los 115 millones de toneladas métricas (Shahbandeh, 2020, p.1). En Ecuador existe un área sembrada de 180 336 hectáreas de banano con un número de 4 473 productores. Ecuador es el líder de exportación de banano como fruta fresca en el mercado internacional, con un 24.6 % del total a nivel mundial (Ministerio de Comercio Exterior, 2017).

El banano es la tercera fuente de ingresos del Ecuador, luego del petróleo y el camarón. Durante el primer trimestre de el año 2020 se exportaron 104 731 409 cajas de banano, lo que representa un incremento en la producción de 9.92 % en comparación al mismo periodo del 2019 (Mundo marítimo, 2020, p1).

El cultivo y comercialización del banano, genera 2 millones de plazas de trabajo, en el mercado laboral ecuatoriano, por lo que cualquier factor que afecte sus cultivos, tiene un gran impacto social

La marchitez de la planta de banano causada por el hongo *Fusarium oxysporum cubense* (Foc), es uno de los mayores problemas en la actualidad para los cultivos. En el pasado las plantaciones de la variedad Gros Michel desaparecieron a causa de este hongo y ahora se realizan constantes investigaciones para encontrar una forma de controlarlo para poder seguir produciendo la variedad Cavendish.

El patógeno tiene su origen en el sudeste asiático, aunque la enfermedad fue reconocida por primera vez en otros lugares, y co evolucionado junto a las musáceas en su centro de origen (Bentley et al., 1998).

Se calcula una pérdida de 80 000 hectáreas de cultivo del clon Gros Michel, afectadas por el *Fusarium oxysporum* raza 1 en las décadas de 1950 a 1960, por lo que se determinó su cambio a un clon del subgrupo Cavendish (AAA).

Los clones Cavendish se afectan solo en los subtrópicos, pero la aparición más recientemente de la raza 4 tropical, grupo de compatibilidad vegetativa (GCV 01213-01216) ha causado importantes pérdidas en plantaciones de Malasia e Indonesia (Masdek et al., 2003; Nasdir, 2003). Su entrada eventual a las plantaciones de Cavendish en América tendría un gran impacto económico y social.

Debido al uso indiscriminado de agro tóxicos que contaminan los cultivos, el suelo y los acuíferos, por lo que una estrategia de cultivo eco amigable es urgente, para mantener la sustentabilidad de los cultivos a largo plazo, sin afectar al medio ambiente, mediante el uso de agroquímicos biodegradables y de bajo impacto al medio ambiente.

El uso del aceite ozonizado para el control de enfermedades causadas por hongos, como el Raza 1, reducirían las pérdidas en las plantaciones de banano de nuestros agricultores mejorando la productividad y rentabilidad de los mismos con menor afectación de ecosistemas y disminución del riesgo de intoxicaciones en la fuerza laboral agraria, así como en las poblaciones vecinas a las plantaciones.

Por los antecedentes expuestos se plantean los siguientes objetivos:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia del aceite ozonizado en el control de hongo *Fusarium oxysporum cubense* en el cultivo de banano de la variedad Gros Michel.

1.1.2 Objetivos específicos

- Establecer el mejor tratamiento dependiendo la dosis a utilizarse en el ensayo.
- Determinar síntomas de toxicidad en la planta por los diferentes tratamientos aplicados.
- Establecer el porcentaje de daño causado por el hongo *Fusarium oxysporum cubense* en la planta.

1.2 Hipótesis

El aceite ozonizado aplicado al rizoma de banano en macetas que tiene efecto de control sobre la proliferación del hongo *Fusarium oxysporum cubense*.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de banano

El banano es cultivado hace 10 000 años atrás, procede del Sudeste del continente asiático, sus primeras huellas fueron halladas en la provincia de Papua perteneciente a Indonesia quien es el país que ocupa el mayor espacio en la isla de Nueva Guinea en el siglo VII antes de Cristo (Lassoudiere, 2010, citado por Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo [UNCTAD], 2016, p.5).

Esta planta de proporción gigante pertenece a la familia de las musáceas y de clase monocotiledónea. En la antigüedad su reproducción era por medio de semillas, totalmente distinto a la actual propagación de manera asexual usando a los retoños para la expansión del cultivo (Lescot, 2015, p. 4).

Existen dos factores primordiales en la evolución del banano para que esta fruta sea un producto comestible, los cuales son: el desarrollo de la potencialidad genética del banano en la partenocarpia de grupo vegetativo y el otro factor es el desarrollo de la esterilidad genética del banano que impedía la amplitud del cultivo del banano. El linaje diploide mas antiguo existente y comestible es la *Musa acuminata* Colla, que en la actualidad persiste en el sudeste del continente de Asia (Román, 1962, p. 1).

2.2 Aspectos generales del cultivo de banano

Las plantas pertenecientes a la familia de las musáceas son aquellas herbáceas de ciclo perenne gigantes que alcanzan una altura promedio entre 2 metros a 9 metros de altura. Se conocen también ciertas plantas musáceas silvestres que poseen una altura de 10 m a 15 m (Karamura, 2011, p. 3).

Las musáceas son monocárpicas lo cual quiere decir que los brotes florecen, luego realizan la producción de fruto y estos cambios en la planta conllevan a la muerte de la misma. La mayor parte del grupo de cultivo de bananos y de plátanos de la familia musácea poseen dos tipos de especies de particularidad silvestre las cuales son la *Musa acuminata* y la segunda especie la *Musa balbisiana*. Ambas son musáceas comestibles que llegaron a ser presentadas por hibridación y por poliploidía provocando una generación totalmente distinta por su aroma y sabor proveyendo nutrición a muchos seres vivos de los cuales se alimentan de esta importante fruta (Parra, Cayón y Polanía, 2009 p. 2).

Formando un activo imprescindible las musáceas cumplen con la demanda de frutas con propiedades organolépticas y de una alta calidad nutricional por su alto contenido de antioxidantes que aporta al sistema de los seres vivos. Entre las 9 subespecies acuminata mas consumidas en el mundo las dos principales demandadas en el mercado pertenecen al grupo AA y al sub grupo AAA (Hoyos, 2012, p 2-3).

2.3 Taxonomía

De acuerdo a Marta García (2017), la descripción taxonómica del banano es la siguiente:

Tabla 1. Taxonomía del banano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa acuminata</i> AAA

Fuente: García (2017).

2.4 Importancia Económica del banano hacia el Ecuador

El cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) representa la actividad agrícola de mayor realce económico para el Ecuador. Según las estadísticas de comercialización el 2019 fue un buen año para el sector bananero ya que superó numéricamente con un valor de 3 867 millones de dólares de ingreso hacia la economía del país (Banco Central del Ecuador [BCE], 2020, p. 1).

Aunque este valor sea superior no representa mayor cambio en comparación al año 2018 por la depresión del valor de la caja de 43 lb de banano sin embargo esto representa un tercio de las exportaciones a nivel mundial por concepto de divisas (Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador [AEBE], 2019, p. 12).

Según el Banco Central del Ecuador (2020), informa que los ingresos que el sector bananero genera en el mercado internacional logran llegar al segundo puesto de producto comercial luego del camarón tomando en cuenta en productos no petroleros.

Reporta que los negocios de cultivo de banano y las corporaciones colaterales permiten ampliar el porcentaje de empleo al pueblo ecuatoriano ayudando a más de 2.5 millones de personas representando el 16 % de la población ecuatoriana que dependen de esta gran industria bananera que la permite representar la calidad y cantidad que el Ecuador logra exportar internacionalmente (AEBE, 2019, p. 1).

El banano ecuatoriano cuenta con 233 427 hectáreas de superficie sembrada, llegando a una producción de 356 825 214 cajas de banano anuales llegando a ser diversificada internacionalmente y volviéndose el país en primer

lugar en exportación de banano (Unidad Nacional de Almacenamiento [UNA EP], 2019, p. 1).

Uno de nuestros principales consumidores de fruta fresca es Rusia 21.22 %, mar Báltico con 19 %, Medio Oriente con el 15.06 % del volumen total de exportaciones acumuladas (AEBE, 2020, p. 3).

2.5 Principales sectores de producción

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos [ESPAC], (2018 p. 16) Ecuador posee 233 427 hectáreas en las cuales destacan las 3 principales provincias en las cuales se siembra banano tales como Los Ríos con un porcentaje de 32.4 %, El Oro con un porcentaje de 24.8 % y por último Guayas 21.1 % en la participación de la superficie plantada de banano.

El rendimiento de cada provincia se encuentra directamente relacionado con los diferentes factores como el ecosistema de producción, el nivel de tecnificación y su nivel de explotación que se aplica al cultivo. Cada nivel de explotación varía dependiendo de la infraestructura utilizada y de la tecnología la cual destaca su eficiencia y rendimiento, generando un mayor ingreso hacia el productor bananero (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, p. 3).

La producción ecuatoriana de banano ha resurgido en los tres últimos años alcanzando el nivel de eficiencia de los principales países productores como Colombia, Costa Rica y Guatemala con un valor de 356 millones de cajas de banano promedio anual (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo [CNUCED], 2016, p. 6).

2.6 Gros Michel

El nombre del subgrupo en el genoma AAA, quien dominó el comercio internacional a fines de la década de 1950 cuando fue sustituido por lo cultivares Cavendish, lo cuales se los sigue usando en la actualidad. La sustitución fue el llamado de emergencia por la susceptibilidad al marchitamiento del cultivo a causa del hongo *Fusarium oxysporum* quien es el responsable de la enfermedad Mal de Panamá (Hippolyte, 2012, p. 1).

Cultivar triploide perteneciente a la familia de las musáceas, es una variedad de banano con características fenotípicas de proporciones grandes y robustas. Esta variedad puede llegar a alcanzar una altura entre 6 a 8 metros y su pseudotallo acoge un color rosa con huellas de color marrón oscuro. El raquis, estructura quien sostiene un racimo de 10 a 14 manos aproximadamente (Jiménez, 2006, p. 24).

Perrier (2012), menciona que la maduración del fruto es regular y cumple con una homogeneidad en sabor y consistencia delicada por lo cual es reconocido como fruto de seda. Existe una similitud extraordinaria entre los cultivares de Gros Michel y Cavendish, la diferencia fenotípica que es más evidente es en el color de su pseudotallo, ya que Gros Michel posee un color verde o rosa pálido a diferencia de Cavendish quien hace referencia un pseudotallo rojo brillante.

Cavendish distingue hacia Gros Michel de no ser propensa a manchas oscuras en los dedos del fruto ocasionadas por roces con los mismos, pero si es mas susceptible a enfermedades, en especial a la enfermedad consecuente a la presencia del hongo *Fusarium oxysporum cubense*, el Mal de Panamá razón por la cual fue sustituida a nivel mundial causando un fuerte golpe económico para el sector bananero (Hippolyte, 2012, p. 1).

2.7 Emisión foliar de banano

El número de hojas de banano verdaderas emitidas aumenta en forma cuadrática desde la primera semana hasta la semana 36, durante las primeras veintiún semanas la planta produce 21 hojas, es decir una hoja por semana, pero cuando la planta se encuentra 6 semanas antes de la floración el porcentaje de emisión foliar comienza a descender en un 60 % al valor inicial (Aristizábal, 2008, p. 26).

2.8 Enfermedades de banano

2.8.1 Mal de Panamá.

Enfermedad causada por el agente fúngico *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense que induce al marchitamiento y posteriormente la muerte de la planta de banano. El patógeno fue detectado por primera vez en Australia y fue extendido a nivel mundial debido al intercambio de material vegetativo y al movimiento del suelo con esporas infectadas con el patógeno (Ploetz, 2015, p. 7).

Esta enfermedad devastadora afectó al sector bananero por las medidas drásticas que se debieron tomar, al mitigar de la variedad Gros Michel a la variedad que se usa hasta la actualidad que es Cavendish resistentes a la enfermedad. Sin embargo, la variedad Cavendish y a una amplia variedad de banano se encuentra en una desfavorable situación debido a la amenaza actual de la raza tropical 4 (TR4) (López, 2019, p. 1).

El hongo Foc es un patógeno altamente variable y está compuesto de diferentes linajes evolutivos. En la actualidad se conoce 24 grupos de compatibilidad vegetativa que logra afectar a la familia de las musáceas. Del grupo de compatibilidad vegetativa (VCG) en FOC pueden alterar la afectar

diferentes miembros de la familia de las musáceas como la *Musa acuminata*, *M. balbisiana*, *M. schizocarpa* y *M. textiles* (Ploetz, 2015, p. 2).

Se identifican diferentes razas del patógeno en función de la patogenicidad de los cultivares huéspedes de referencia:

Tabla 2. Compatibilidad vegetativa con FOC

Raza tropical	Variedad vegetativa
RT 1	Gros Michel (AAA) y Latundan (Silk, AAB)
RT 2	Bluggoe (ABB)
RT 3	Heliconia spp
RT 4	Cavendish (AAA)

Elaborado por: El Autor

2.8.2 Proceso de infección de FOC sobre la planta.

Dicha enfermedad se manifiesta al momento de que las clamidosporas latentes ubicadas en el suelo germinan en respuesta al estímulo de los exudados de la raíz de la musácea. Luego de 8 horas proliferan los conidios y el micelio del patógeno junto a la formación de las clamidosporas posterior a 3 días después de la fijación del agente fúngico en el sistema radicular (Guo, 2015, p. 1).

La infección se efectúa por medio de las heridas del sistema radicular también a través raíces secundarias o raíces terciarias. Cuando la penetración es efectuada, las micronidias y las hifas se convierten en clamidosporas entre los espacios intercelulares e intracelulares. Se pueden observar las hifas desarrolladas sobre las raíces luego de 10 días cuando las hifas se encuentren totalmente desarrolladas en el xilema del rizoma de la planta (Martínez, 2020, p. 1).

Cuando el *Fusarium oxysporum* se encuentra en la zona vascular de las raíces laterales procede la infección del rizoma de la planta. Esto ocasiona la

obstrucción de los vasos del xilema e interfieren con la circulación y absorción de nutrientes y agua hacia la zona superior de la planta como las hojas y el pseudotallo (Li, 2017, p. 1).

La etapa final de infección del agente fúngico sucede al decimo séptimo día al presenciar una gran cantidad de hifas en el pseudotallo, luego de una muerte pronosticada luego de 24 días aproximadamente, en el cual se libera las clamidosporas al suelo (Martínez, 2020, p. 1).

2.8.3 Síntomas del Mal de Panamá.

En la etapa inicial aparece un color amarillento en los bordes de las hojas más longevas y se extiende hacia el grupo de hojas más jóvenes. Las hojas comienzan a colapsar paulatinamente provocando que las hojas queden colgadas de la base de la nervadura del pseudotallo. Las evidencias del ataque fúngico son menos perceptibles en las hojas jóvenes. A pesar de infección en la planta, esta no detiene su desarrollo y el fruto prosigue con su morfología intacta a pesar de una pequeña reducción de tamaño en sus dedos. Del pseudotallo muestra grietas longitudinales y sus hojas emergen con un color amarillo inusual y un tamaño inferior a lo habitual (Dita, 2018, p. 1).

De acuerdo a Ploetz, (2015, p. 1), que en cuanto a los síntomas internos de la planta la decoloración de los haces vasculares provocando el color amarillento en sus tejidos radiculares y un color café en la zona del cormo. Conforme a la progresión de la afección los signos internos se hacen mas evidentes por la obstrucción de los haces vasculares del mismo. La velocidad de proliferación es bastante rápida por el sistema de monocultivo perenne que normalmente es utilizado para el banano, provocando una acumulación de inóculos en todo el cultivar.

2.8.4 Sigatoka negra.

Esta enfermedad es causada por el hongo (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.), una enfermedad de que ataca al área foliar con un alto nivel de riesgo hacia las musáceas mundialmente. La sigatoka negra si el productor no toma las debidas medidas de bioseguridad podría afectar el rendimiento en su totalidad en su cultivo (Manzo, 2018, p. 1).

Este hongo su nivel de incidencia es bastante alto como en suelos de continente americano, asiático y africano. Su afección foliar necrótico se expande por todo tejido logrando perjudicar la capacidad fotosintética y obteniendo como consecuencia la maduración temprana del fruto (Aguilar, 2014, p. 1).

En América anualmente se aplican fungicidas químicos entre un rango de 35 a 45 veces al año. No obstante, la resistencia del hongo por efecto del espectro de acción, el fungicida químico no obtiene el resultado esperado por el productor, obligando al medio agronómico a realizar una búsqueda para el control total fúngico (Manzo, 2018, p. 1).

La reproducción de la Sigatoka negra se realiza mediante una espora asexual llamada ascosporas y una pequeña parte por medio de las conidias, las cuales funcionan como propágulos para permitir la dispersión fúngica. La dispersión de dichas esporas sucede al momento de un lavado, ya sea por riego o por alguna salpicadura. La pseudotecia empieza a las 48 horas aproximadamente, cuando los tejidos de la hoja muerta se saturan con agua (Aguilar, 2014, p. 1).

La sigatoka se caracteriza por habituar en zonas con una humedad relativa superior al 80 % y con una temperatura promedio entre 23 °C a 28°C. En época lluviosa se mantiene una lamina de 9 mm sobre el tejido foliar permitiendo la

liberación e infección de las esporas, tornando la enfermedad mas agresiva sobre el cultivo (Álvarez, 2013, p. 2).

2.8.5 Síntomas de Sigatoka negra.

Los síntomas suelen variar dependiendo del desarrollo del agente fúngico sobre el desarrollo de la planta y de la susceptibilidad del cultivo. La variabilidad de síntomas depende del estadio y sus diferentes fases de desarrollo en el tiempo como hospedero en la hija de la musácea. Los síntomas iniciales se presentan en el margen izquierdo en la zona distal, localizada en el envés de la hoja (Manzo, 2019, p. 1).

La decoloración es acompañada por una pequeña puntuación de color café rojizo. Posteriormente se logra visualizar estos síntomas en el envés y en el haz de la hoja. Paulatinamente la decoloración, pasa de ser una mancha a una estría, la cual va aumentando su grosor y longitud. El color café rojizo pasa a ser un café oscuro por el proceso de oxidación. En el tejido necrótico posee numerosos cuerpos diminutos, negros, fructíferos, globosos los cuales contienen estructuras similares a sacos llenas de ascosporas que emergen de la parte inferior del tejido foliar (Bennett, 2003, p. 3).

2.9 Ozono

Sustancia cuya molécula esta formada por tres átomos de oxígeno y se encuentra en la atmósfera. Naturalmente es creada por la radiación ultravioleta (UV) al cruce contra una molécula de oxígeno (O_2), para dividirse en dos átomos individuales de oxígeno conocido como oxígeno atómico (Nasa Earth Observatory, 2013, p. 2).

El ozono es una molécula muy reactiva siendo capaz de oxidar y mineralizar sustancias orgánicas e inorgánicas, minerales atacando al resto de

moléculas que se encuentran en el aire, como consecuencia regenera oxígeno en su proceso. Es importante para la protección del planeta Tierra por su absorción de rayos UV-B provenientes del Sol (Heim y Glas, 2011, p. 8).

La molécula de ozono demuestra su potencialidad activa por la aplicación de radiación UV, que resulta aproximadamente a 254 nm de energía; la descomposición de la molécula es debido a una secuencia de varias reacciones que conduce a la formación de un radical hidroxilo (OH) (Monge, 2018, p. 46).

El ozono está en estado condensado a temperatura ambiente y normal presión de aire inestable, incoloro a azulado y diamagnético gas un punto de condensación es a $-110.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un color característico azul profundo, su color cambia cuando este material en estado sólido tomando un color negro violeta a una temperatura inferior de $(-192.5\text{ }^{\circ}\text{C})$; cabe recalcar que su olor es muy similar al cloro en estado gaseoso y en altas concentraciones (Heim, 2011, p. 9).

2.9.1 Proceso de ozonización.

El aceite ozonizado se obtiene por medio de un ozonizador junto a varios parámetros de calidad de los derivados. Durante el proceso es imprescindible considerar los parámetros de calidad eficiencia de generador de ozono, condiciones de ozonización como el tiempo, el flujo de ozono, temperatura cantidad de aceite vegetal y la presencia de un catalizador como el agua (Travagli, 2010, p. 1).

El ozono reacciona con enlaces doble de átomos carbono – carbono, promoviendo un grado mayor de insaturación que conduce a un tiempo de reacción de ozonización por un tiempo más prolongado. Dicho factor influye en la cinemática de ozonización por el origen del aceite vegetal y su composición de ácidos grasos (Ugazio, 2020, p. 3).

Según (Sega, 2010, p. 1) el porcentaje de eficiencia de los procesos de ozonización se puede calcular como la relación entre la cantidad de peroxidación, estimada por el valor de peróxido, y la cantidad total de ozono aplicado como se indica en la siguiente ecuación.

$$\text{Eficiencia de ozonización} = \frac{(PV_s - PV_o)}{1000} \times \frac{O_3 (EW)}{AOD} \times 100$$

Dónde:

PVs: Valor de peróxido (200 meq O₂/kg) nivel de peróxido kg/l del aceite ozonizado.

PV₀: Valor de peróxido del aceite antes de su ozonización.

O₃ (EW): Peso equivalente del ozono.

AOD: Dosis de ozono aplicada (l/ha).

El ozono se encapsula en los doble enlaces del aceite formando peróxidos y esto se mide de acuerdo a las horas de ozonificación del aceite. Se trabaja con el nivel de ozonificación de 200 meq (mili equivalente) O₂/kg de aceite (Jiménez, 2017, p. 67).

La obtención de ozono más común en el mercado consiste en la extracción de aire por medio de tubos de vidrio con superficie metálica dispuestos en forma concéntrica, provocando una descarga eléctrica de alta diferencia de potencial (15 kW) y a una alta frecuencia (50 Hz) sobre las moléculas de oxígeno, esto rompe los enlaces de la molécula y provoca que forme una molécula de O₃, conocido como ozono (Aguayo, 2018, p. 29).

2.9.2 El ozono como desinfectante.

El ozono funciona como un gran desinfectante por su rápido control microbiológico, inactivando virus, hongos y bacterias a través de la oxidación de las membranas celulares e incluso de en control entomológico. Convirtiéndose en un elemento imprescindible para el control higiénico sanitario (Glowacz et al., 2015).

Bucio (2016, p. 1), señala que el ozono tiene la capacidad de disminuir y controlar las poblaciones microbianas, permitiendo eliminar el uso de la demanda de agroquímicos tóxicos para el medio ambiente.

El ozono (O₃) es una estructura alotrópica triatómica inestable de oxígeno (O₂). La inestabilidad estructural de los enlaces oxígeno-oxígeno hace que el ozono sea un oxidante fuerte. Un agente oxidante es una sustancia que causa la oxidación, es decir, la pérdida de uno o más electrones, de los átomos de otra sustancia (Brown et al. 2006).

2.9.3 Ozono en la agricultura.

El ozono sostiene una afinidad por el tejido membranoso de los hongos, virus y bacterias, ocasionando un desdoblamiento e impidiendo la reproducción por ende su desaparición dentro de los cultivos (Prieto, 2020. p. 1).

Anualmente el consumo anual de fungicidas es de 267 766 toneladas de químicos fungicidas en los campos agrícolas, liderando el país de Italia con un consumo de 48 635 toneladas anuales; la residualidad de estos químicos perjudica el medio ambiente (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAOSTAT], 2017, p. 1).

Un riego ozonizado en los cultivos permite proteger de contagios, hongos, destruir parásitos, bacterias e incluso quistes sin perjudicar el medio ambiente como implicaría los productos químicos. El ozono al ser un compuesto natural, su falta de residualidad a diferencia de elementos químicos en los frutos del cultivo no perjudicaría la vida de los consumidores (Hidritec, 2019, p. 1).

MundoAgro (2018, p. 1), afirma que el sistema radicular de un cultivo se puede ver favorecida por la oxigenación mejorando la calidad de vida de las plantas y tener un mejor manejo de enfermedades gracias al uso de agua ozonizada mejorando la productividad del cultivo; junto a la eficiencia por la eliminación de químicos agronómicos y la reducción de fertilizantes dentro del cultivo.

Aspozono (2015, p. 1), asegura que en la agricultura moderna en países europeos implementan el uso de tratamiento foliar por pulverización y la inyección de agua ozonizada. Con el agua ozonizada garantiza la desinfección de la raíz y del sustrato, evitando enfermedades por hongos como el *Fusarium* y la pudrición bacteriana como la *Phytophthora* junto a la función de oxigenación de raíz, ocasiona el crecimiento de raíces nuevas y sanas hasta el fin del ciclo de cultivo.

2.10 Método de Stover

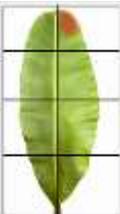
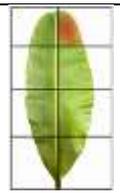
Esta metodología muestra el nivel de severidad detallando la situación sanitaria de la plantación de banano. Existen seis grados de severidad por escala de Stover modificada por Gauhl, consistiendo en la estimación visual del área foliar de las cuales están próximas a la floración sin necesidad de extraer ni una hoja (Stover, 1980, p. 43).

Se toma en cuenta todas las hojas abiertas con excepción de la hoja bandera y las hojas agobiadas, el conteo junto a la observación se realiza de derecha hacia izquierda y el conteo de hojas de arriba hacia abajo; es necesario tomar en cuenta el patrón de división de la hoja para medir proporcionalmente la afección de la enfermedad sobre la hoja. En el siguiente cuadro se muestra los seis grados de afectación del hongo hacia el sistema foliar medido por el método de Stover modificado por Gauhl (Llerena, 2015, p. 78).

Para el procedimiento se toma una muestra de cinco plantas próximas a la hoja mas joven, procediendo con el conteo total de hojas presentes de arriba hacia abajo, una vez determinada la hoja más joven enferma, se realiza una estimación visual el área cubierta para determinar el grado de infección según el Gráfico 1. Es necesario conocer el numero de hojas por planta, el porcentaje de hojas infectadas por grado, el porcentaje total de hojas infectadas y calcular el promedio ponderado de infección para el cultivo del ensayo (Almodóvar, 2007, p. 4).

El porcentaje de infección determina la severidad de la enfermedad en el cultivo, el valor inferior a 2 relaciona a un cultivo con un buen manejo de la enfermedad; entre la semana 7 y semana 8 en caso de existir un deterioro de hojas por encima de la hoja 6 la planta de banano no tendría un número de hojas suficientes para el desarrollo del racimo, tomando en cuenta que la incidencia de la infección en el sistema foliar depende sobre la calidad y el valor productivo del racimo (Almodóvar, 2007, p. 5).

Gráfico 1. Método de Stover modificada por Gauhl

<p>GRADO 1 (Hasta 10 manchas)</p>	
<p>GRADO 2 Menor al 5 %</p>	
<p>GRADO 3 Entre el 6 % al 15 %</p>	
<p>GRADO 4 Entre el 16 % al 33 %</p>	
<p>GRADO 5 Entre el 34 % al 50 %</p>	
<p>GRADO 6 Mayor al 50 %</p>	

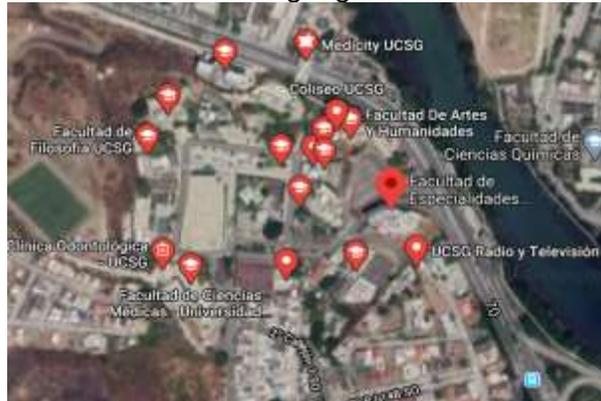
Fuente: Stover (1980)
Elaborado por: El Autor

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

El experimento se llevará a cabo en los laboratorios de análisis de suelo y planta junto al invernadero de la Facultad Técnica de Educación para el Desarrollo en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la cual está ubicada en la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas. Coordenadas 2°10'58.8"S 79°54'10.9"O.

Gráfico 2. Ubicación geográfica de la UCSG



Fuente: Google Maps (2020).

3.2 Características climáticas

La ciudad de Santiago de Guayaquil posee un clima tropical con una temperatura promedio de 25.7 °C, alcanza una precipitación media de 791 mm. La humedad relativa del 58 %. En los meses de estudio su temperatura máxima es de 27.1 °C y una temperatura mínima de 24.2 °C. Su heliofanía es de 109.32 horas. La ciudad de Guayaquil se encuentra a una altura de 6 msnm (Climate Data, 2020).

3.3 Materiales y métodos

Los materiales que se utilizarán durante la investigación a nivel de laboratorio y nivel de invernadero.

3.3.1 Material vegetativo.

- Rizoma de banano (*Musa acuminata* AAA) variedad *Gros Michel*.
- Hongo *Fusarium oxysporum cubense*.

3.3.2 Materiales de laboratorio.

- Aceite ozonizado
- Ácido láctico al 90 %
- Agar dextrosa
- Agua destilada
- Alcohol
- Algodón
- Asa de siembra de laboratorio
- Autoclave
- Balanza gramera
- Cajas Petri
- Cámara de flujo laminar
- Matraz Erlenmeyer
- Mechero
- Papel aluminio
- Sacabocado

3.3.3 Materiales de invernadero.

- Aceite ozonizado
- Balanza
- Libreta de campo
- Macetas
- Machete
- Mesa de invernadero
- Regadera
- Suelo obtenido de bosque de zona de Riobamba
- Taladro

3.4 Caracterización de cultivo

El cultivo se desarrollará en un invernadero construido de caña guadua y sarán negro, el mismo que contará con una mesa donde se colocaran las 20 macetas plásticas de 30 cm de diámetro, con la misma cantidad de sustrato equivalente a 13.60 kg, inoculado previamente con el hongo *Fusarium oxysporum cubense*. Cada maceta estará dispuesta a una distancia de 60 cm entre ellas para que cada rizoma obtenga una cantidad equitativa de luz, agua y fertilizante.

En la Tabla 4 muestra las características generales de los tratamientos aplicados al cultivo en el área del laboratorio de suelos.

3.5 Diseño del experimento

3.5.1 Diseño experimental seleccionado.

Se aplicará un experimento factorial montado en un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA). Contando con un solo factor o también llamado unifactorial, el cual será la dosis de aplicación de aceite ozonizado sobre los rizomas de banano y el resto de variables, se engloban en el error experimental. Los datos se analizarán en el paquete estadístico de InfoStat,

mediante un análisis de varianza y un test para diferenciar los promedios por tratamiento como se indica en 3.5.3.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) a utilizar en diseño

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Bloques	$SCB = \sum_{j=1}^a \frac{(y_j)^2}{a} - \frac{(y)^2}{ab}$	$glb = b - 1$		
Entre tratamientos	$SCE = \sum_{i=1}^a \frac{(y_i)^2}{n_i} - \frac{(y_i)^2}{N}$	$gle = a - 1$	$CME = \frac{SCE}{gle}$	$\frac{CME}{CMD}$
Error experimental	$SCE = SCT - SCE$	$gld = (a - 1)(b - 1)$	$CMD = \frac{SCD}{gld}$	
Total	$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y_{ij})^2 - \frac{(y)^2}{ab}$	$glt = ab - 1$		

Fuente: Di Rienzo (2009).

Elaborado por: Autor

Las unidades experimentales son homogéneas, por lo cual no poseen estructura alguna y sus tratamientos se asignan completamente al azar a dichas unidades. El conjunto de datos debe poseer al menos, dos columnas, la primera identificando el tipo de tratamiento y la segunda la variable respuesta.

El número de repeticiones puede variar de un tratamiento a otro. El modelo lineal para un análisis de la varianza con un factor en un diseño en bloques completamente aleatorizado unifactorial, es el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

- donde μ corresponde a la media general
- τ_i efecto del tratamiento i
- β_j el efecto del número de bloque
- ϵ_{ij} representan los errores normales e independientes con esperanza cero y varianza común.

Se aplicará en condiciones de laboratorio e invernadero, utilizando como unidad experimental la maceta, donde se trasplantará el material vegetativo Gros Michel de 5 semanas de edad al sustrato con el hongo *Fusarium oxysporum cubense* inoculado previamente, con una altura de 45 cm desde la base del pseudotallo hasta el ápice de la hoja cigarro.

El factor investigado, es el efecto del aceite ozonizado aplicado al sistema foliar de los rizomas de banano ya trasplantados. El sustrato procedente de la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, se tomará especialmente de esta ubicación por la nula presencia de cultivos de banano.

3.5.2 Tratamientos.

Se aplicará 5 tratamientos con 4 repeticiones, cada uno con diferentes cantidades de aceite ozonizado. Todas las plantas del experimento pertenecen a la misma variedad de banano (*Musa acuminata* AAA) Gros Michel.

Se selecciona la cantidad de tratamientos y repeticiones por factor económico y estadístico, en el cual se tomará en cuenta trabajos similares. El aceite ozonizado se disolverá en proporción a 200 litros de agua antes de aplicarlo al material vegetal.

Tabla 4. Tratamientos y dosis de aplicación contra Foc

Tratamiento	Producto a aplicar	Dosis para hectáreas	Dosis para maceta
T1	Aceite ozonizado	1 l/ha en 200 l de agua	0.71 cc
T2	Aceite ozonizado	2 l/ha en 200 l de agua	1.42 cc
T3	Aceite ozonizado	3 l/ha en 200 l de agua	2.13 cc
T4	Aceite ozonizado	4 l/ha en 200 l de agua	4.85 cc
T5	Testigo	0 l/ha	0 cc

Elaborado por: El Autor

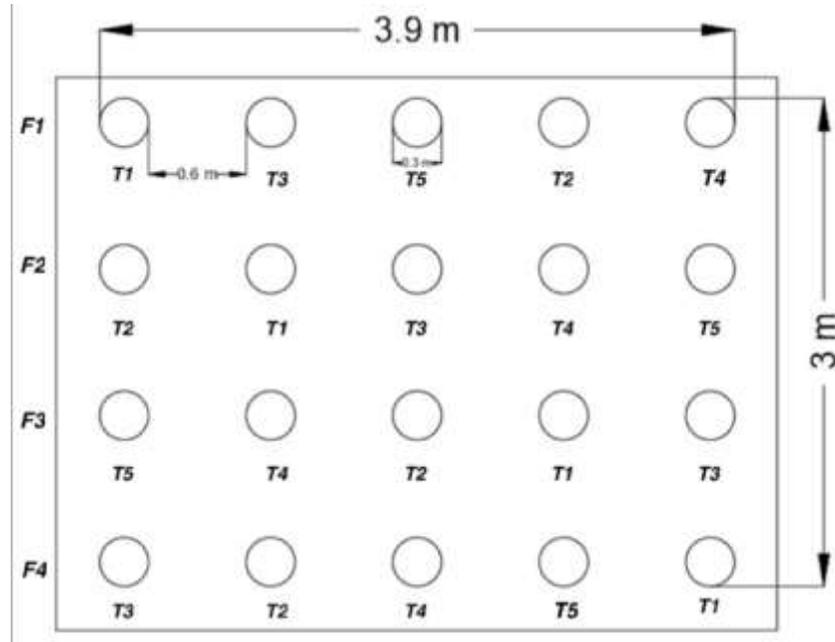
3.5.3 Unidad experimental.

Como unidad experimental se usará rizoma de banano provenientes de la Provincia de Los Ríos con una edad de 7 semanas, que serán colocadas en una maceta con un diámetro de 30 cm y con una profundidad de 40 cm cada una, junto a una cantidad de 13.60 kg sustrato proveniente del cantón Riobamba. Los rizomas estarán colocados bajo un invernadero cuya estructura será de caña guadua y cubierta por sarán.

3.5.4 Delimitación de área de ensayo.

En el área de ensayo se establecerá 4 filas (repeticiones) con un distanciamiento de 0.5 m y 5 columnas (tratamientos), con un distanciamiento equitativo de 0.5 m entre ellos.

Gráfico 5. Asignación de tratamientos en diseño completamente aleatorizado



Elaborado por: El autor

3.6 Variables a evaluar

3.6.1 Datos sanitarios.

- Afectación de la enfermedad en la hoja de acuerdo a escala de Stover.
- Presentación de síntomas de Foc

3.6.2 Datos agronómicos.

- Número de hojas presentes por semana.
- Circunferencia del pseudotallo.
- Altura de planta.

3.7 Cálculo de dosis por maceta

$$Dosis \text{ de AO por maceta} = \frac{NP \times 1000 \text{ cc}}{1400}$$

Dónde:

AO= Aceite ozonizado

NP= Número de plantas

3.8 Análisis estadístico

El diseño estadístico es completamente aleatorizado (DBCA) que serán completamente al azar por 5 tratamientos que corresponden a las frecuencias de aplicación de ozono. Se utilizará un análisis de varianza de calificación simple de acuerdo al modelo experimental, para el análisis de varianza mono factorial o one way. El ensayo constará de 4 repeticiones con un Andeva, propuesto en donde el modelo de análisis de varianza será el siguiente:

Tabla 6. Cuadro de Andeva

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones (r-1)	3
Tratamientos (t-1)	4
Error (r-1) (t-1)	12
Total (rt-1)	19

Elaborado por: Autor

IS= Afectación de la enfermedad, n= Número de hojas en cada grado, b= Grado, n= Número de grados empleados en la escala, T= Número total de hojas evaluadas.

Se calculará el desarrollo de la enfermedad y se determinará el índice de ataque del hongo por el método de Stover modificado por Gauhl, por medio de la fórmula de Townsend y Heuberguer.

3.8.1 Análisis de prueba a posteriori y verificación de ANOVA.

El análisis funcional que se realizará es la prueba de Fisher, este método compara las diferencias observadas entre los promedios muestrales, con el valor crítico correspondiente a la prueba de T para dos muestras independientes.

Trabajando con datos balanceados, esta prueba es equivalente a la diferencia mínima para toda la comparación de medias de efectos principales, cuya tasa de error por experimento puede ser mayor al nivel nominal, aumentando conforme aumenta el número de tratamientos a evaluar.

Si el valor de p es menor a 0.05 la hipótesis nula se rechaza, las pruebas a posteriori se establecen para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

3.9 Manejo del ensayo

El proyecto consistirá en la inoculación del hongo *Fusarium oxysporum cubense* dentro de las macetas con material vegetativo que es el rizoma de banano. Se evaluará por 3 meses con la finalidad de evaluar el efecto nocivo que causa el hongo sobre la planta de banano y poder determinar la incidencia del aceite ozonificado sobre el Foc.

Se inoculará el hongo *Fusarium oxysporum cubense* de la micoteca del laboratorio de análisis de suelo y planta; con un sacabocado se realizará cortes en forma circular de la caja Petri donde se encuentra el hongo Foc para luego ser inoculado en un medio de cultivo que se debe tener preparado en un medio PDA. Se dejará reposar por 15 días las cajas inoculadas dentro de la cámara de flujo laminar.

Cada maceta con el material vegetativo se inocularán con 4 cajas Petri con el hongo Foc. Imprescindible el reposo del hongo Foc en la tierra de la maceta, con la finalidad que este logre reproducirse por un lapso temporal de 15 días. Posteriormente, se plantará un rizoma de banano por cada maceta, y se aplicará riego a todas las plantas.

La primera y única aplicación del aceite ozonizado se realizará a los 15 días después del trasplante en el transcurso de los 3 meses de investigación.

3.10 Dosis óptima de aceite ozonizado l/ha

Para establecer la dosis optima de aceite ozonizado se realizarán pruebas con 5 tratamientos de dosis diferentes aplicado a los 15 días luego del trasplante, para lo cual se evaluará la respuesta de la planta frente a la dosis del aceite ozonizado.

3.11 Metodología de evaluación

Se tomará semanalmente la altura de planta entre cada tratamiento la altura promedio durante esta investigación. Esta medición se hará nivel de suelo hasta el ápice terminal de la planta. Se medirá semanalmente la circunferencia del pseudotallo con una cinta métrica, graduada en centímetros.

El número de hojas totales, se tomará cada 8 días. El método de Stover se aplicará al tejido foliar y como reacciona la planta frente a la aplicación del aceite ozonizado.

4 RESULTADOS ESPERADOS

4.1 Académico

Generar investigación dentro de la universidad, sobre los problemas en las plantaciones de banano y en especial como controlar el FOC con la aplicación de aceite ozonizado.

4.2 Técnico

Por medio de la obtención de resultados en la investigación se podrá recomendar la dosis ideal en el control de FOC en la planta de banano.

4.3 Económico

Con la aplicación del ozono se podrían disminuir las fumigaciones con agro tóxicos y así disminuir los costos de producción.

4.4 Participación ciudadana

Mediante la presente investigación se pondrá a disposición la información de los resultados que será de gran ayuda en la producción agrícola, aportando en el control del agente fúngico que afecta a la mayoría de plantaciones musáceas.

4.5 Científico

En base a la investigación microbiológica del comportamiento del aceite ozonizado contra uno de los mayores problemas fungosos de las familias musáceas. Contenido informativo que puedes ser utilizado por los estudiantes de la UCSG.

4.6 Tecnológico

La tecnología nos brindará un gran aporte en la investigación por el respaldo que implica en el manejo de los resultados en la aplicación del aceite ozonizado sobre el hongo *Fusarium oxysporum*.

4.7 Social

Si los resultados son exitosos al usar el ozono como método de control del Foc y los agricultores bananeros lo aplicarán vamos a disminuir el uso de agro tóxicos y como consecuencia mejorando la calidad de vida de las personas que trabajan en el campo y habitantes cercanos de las plantaciones de banano.

4.8 Ambiental

Si se disminuyen las fumigaciones con agroquímicos y se empieza a usar el ozono, habría menor contaminación y se podría recuperar la calidad de aire y suelo en las plantaciones de banano.

4.9 Cultural

Se espera que la comunidad de agricultores acepte y utilice esta nueva modalidad de control fúngico en su producción agrícola y reduzca la utilización de agro tóxicos que afecten la salud de los productores y su familia.

4.10 Contemporáneo

En la actualidad, se utilizan alrededor de 267 toneladas fungicidas químicos para el control de enfermedades en el área agrícola en el Ecuador. Con la aplicación de ozono se podría reducir el uso de estos agro tóxicos se reduciría los mismos provocando un beneficio al productor volviendo un negocio rentable para una estabilidad socio económica que seria beneficiosos para nuestro país.

5 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos coinciden los logrados por el Ingeniero (Dávalos, 2018) quien realizó su trabajo de titulación utilizando agua ozonizada, con la diferencia que Dávalos usó agua ozonizada. El efecto del aceite ozonizado tiene como ventaja su residualidad ya que permanece hasta 30 días encapsulado por los dobles enlace del aceite, en comparación con el agua ozonizada que permanece en un lapso de 45 minutos.

5.1 Afectación de la enfermedad sobre la hoja de acuerdo a escala de Stover

Se pudo comprobar que el uso del aceite ozonizado dio buenos resultados y no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, dado que se puede utilizar desde 1 litro hasta 4 litros por hectárea. En cuanto al factor económico posee una ventaja ya que 1 litro en la época seca y 2 litros por hectárea en época lluviosa.

5.2 Presentación de síntomas de Foc

No hubo presentación de síntomas, dada la eficiencia del aceite ozonizado para el control de la enfermedad producida por el *Fusarium oxysporum cubense*, de acuerdo con la monitorización aplicada semanalmente a los rizomas de banano. En el T 5 existió únicamente afectación en el rizoma ya que en este tratamiento se inoculó el hongo, pero no se aplicó ningún tratamiento con aceite ozonizado

5.3 Número de hojas presentes por semana

Se determinó el número de hojas de acuerdo al conteo realizado semanalmente, de cada uno de los tratamientos aplicados al estudio sobre los rizomas de banano.

En lo que respecta a estas variables, los resultados indican que, a pesar de no haber una diferencia significativa, se pudo observar que en el tratamiento T 1 su emisión foliar promedio es de 4.76 hojas y el T 3 su emisión foliar promedio es de 4.63 hojas ambos tratamientos presentaron los mejores resultados. El T 2 quien presentó el menor índice de emisión foliar con un promedio de 4.13 hojas. El testigo absoluto (T 4) presentó un promedio de 4.06 cm de emisión foliar en las 5 semanas que se realizó la evaluación. El T 5 donde no se aplicó el aceite ozonizado tuvo una emisión foliar promedio de 4.02 hojas.

5.4 Circunferencia de pseudotallo

La circunferencia fue medida en cada uno de los tratamientos, donde se encontró una respuesta favorable en los tratamientos cuando se aplicó el aceite ozonizado en comparación con el testigo que no lo recibió.

Se pudo comprobar que el T 1 presenta el mayor índice de circunferencia promedio de 20.67 cm. El T 2 también tuvo una buena respuesta a la aplicación del aceite ozonizado con una circunferencia promedio de 16.73 cm. Se obtuvo un comportamiento similar en el T 3 con un promedio de 16.48 cm. El T 4 presentó un buen promedio que alcanzo los 18.56 cm si comparamos estos resultados con T5 observamos que existe una diferencia significativa de 15.27 cm.

5.5 Altura de planta.

Se pudo determinar que los mejores resultados corresponden, a los tratamientos donde se aplicó el aceite ozonizado, el tratamiento el T 1 (0.71 cc), fue el que tuvo la mayor altura con un promedio de 22 cm. El T 2 (1.42 cc) con una altura promedio de 16 cm y el T 3 (2.13 cc) con una altura promedio de 16 cm. El T 4 (4.85 cc) con una altura promedio de 19.60 cm. Por último, el T 5 que corresponde al testigo tuvo un crecimiento de 15.27 cm.

Estos resultados concuerdan con otros investigadores, donde se demuestra la respuesta del aceite ozonizado, demuestra ser efectivo contra el Foc, sino también ayuda a una mayor disponibilidad de nutrientes, así como también una participación activa en el metabolismo de planta fundamentalmente en la respiración y producción de energía.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En conclusión, en base a la investigación se puede considerar las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la evaluación realizada la eficiencia del aceite ozonizado en el control del hongo *Fusarium oxysporum cubense* RT1 obtuvo resultados positivos, debido a la ausencia de síntomas de la enfermedad del Mal de Panamá Raza Tropical 1 sobre el rizoma de banano.
- El tratamiento con mejor resultado fue el T 2 con una aplicación de 2 l/ha (1.42 cc /maceta) de aceite ozonizado por litro de agua a nivel de invernadero.
- El reporte de síntomas de toxicidad por parte del hongo fue positivo al obtener resultados bastante bajos al contraer solamente 1 rizoma de banano de las 20 infectadas.
- El porcentaje total de los rizomas infectados fue de un 5 por ciento de daño, en el tratamiento testigo causado por el hongo *Fusarium oxysporum cubense* RT1 a nivel de invernadero.

6.2 Recomendaciones

Con relación a los resultados obtenidos en la presente investigación se pueden sugerir las siguientes recomendaciones:

- Utilizar dosis mas alta y con mayor frecuencia de aplicación al rizoma para determinar si existe un cambio en la presentación de síntomas.
- Realizar la investigación en condiciones de campo para relacionar los resultados obtenidos a nivel de invernadero.

- Evaluar la incidencia del aceite ozonizado en la presencia de otras enfermedades fungosas en las plantaciones musáceas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adirano-Anaya, M. de L. (2018). Revista mexicana de fitopatología sativum) y clavo (*Syzygium aromaticum*) en el desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Instituto de Biociencias*, 36. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18781/r.mex.fit.1805-2>
- AEBE. (2019). *Bananotas* (Vol. 137, p. 46). Vol. 137, p. 46. Retrieved from <https://www.aebe.com.ec/bananotas>
- Aguayo, E. (2018). Evaluación del efecto del ozono sobre las características morfo-químicas del fruto de banano. *Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil*. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10208/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-133.pdf>
- Aguilar-Barragan, A., García-Torres, A. E., Odriozola-Casas, O., Macedo-Raygoza, G., Ogura, T., Manzo-Sánchez, G., ... Beltrán-García, M. J. (2014). Chemical management in fungicide sensivity of *Mycosphaerella fijiensis* collected from banana fields in México. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(1), 359–364. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000100051>
- Almodóvar, W. (2007). Manual_ID_y_MIP_de_SN_y_Enferm_Plat_y_Guineo. In Servicio de Extension Agrícola. Retrieved from http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj-276/Manual_ID_y_MIP_de_SN_y_Enferm_Plat_y_Guineo.pdf
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., & Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 1–6.

- Aristizábal L., M. (2008). EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO FOLIAR DEL PLÁTANO HONDUREÑO ENANO (Musa AAB) EN UNA REGIÓN. *Agronomía*, 16(2), 23–30. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/221935739_Evaluacion_del_crecimiento_y_desarrollo_foliar_del_platano_Hondureno_Enano_en_una_region_cafetera_colombiana
- Bennett, R. S., & Arneson, P. A. (2003). Black sigatoka. *The Plant Health Instructor*, 2(4), 1–6. <https://doi.org/10.1094/phi-i-2003-0905-01>
- Bucio, C. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de plantas de fresa. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 229–237. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000200229
- CNUCED. (2016). Banano. *Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Comercio y Desarrollo UNCTAD*, 1–19. Retrieved from http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp01_Banana_es.pdf
- Dávalos Barquet, & José, J. (2014). 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 (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil). Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7703>

- Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E. S. G., & Staver, C. P. (2018). Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 871(October), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ecuador, B. C. del. (2020). Seleccione Boletín - Exportaciones por producto principal. *Estado Ecuatoriano*, 3. Retrieved from <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- FAOSTAT. (2017). Agricultural Pesticides Use. *FAO*, 2017–2020. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>
- Fruitrop. (2015). Dossier du mois Banane. *Cirad*, 231, 73. Retrieved from <https://www.fruitrop.com/media/Publications/FruiTrop-Magazine/2015/fruitrop-231>
- Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest Biology and Technology*, 99(0), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.015>
- Guo, L. (2015). Differential Colonization Patterns of Bananas (*Musa* spp.) by Physiological Race 1 and Race 4 Isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense. *Journal of Phytopathology*, 163(10), 807–817. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jph.12378>

- Heim, C., & Glas, K. (2011). Ozone I: Characteristics/Generation/Possible Applications. *BrewingScience*, 64, 8–12. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/259843260_Ozone_I_CharacteristicsGenerationPossible_Applications
- Hidritec. (2019). *El Ozono y sus usos en la agricultura como fungicida y bactericida de amplio espectro Generadores ozonoterapia - evozone . de.* 1–7. Retrieved from file:///C:/Users/Administrador/Documents/Nueva carpeta/El Ozono y sus usos en la agricultura como fungicida y bacte
- Hippolyte, I., & Perrier, X. (2017). Gros Michel Subgroup. Retrieved from Pro Musa website: <http://www.promusa.org/Gros+Michel>
- Hoyos-Leyva, J. D., Jaramillo-Jiménez, P. A., Giraldo-Toro, A., Dufour, D., Sánchez, T., & Lucas-Aguirre, J. C. (2012). Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas [Musa spp.]. *Acta Agronomica*, 61(3), 214–229.
- INEC. (2019). Contenido Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018. *ESPAC*, 31. Retrieved from [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion de principales resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion_de_principales_resultados.pdf)
- Usuario, M. (2008). InfoStat. Grupo Infostat, Fca, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 115, 136. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario

Jiménez, F. (2017). Utilización de aceites ozonizados para el tratamiento de heridas en bovinos de engorda. *Abanico Veterinario*, 7(2), 67. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.72.5>

Jimenez, J. (2006). Consideraciones botánicas de Musaceas. *Espol*, 57. Retrieved from [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14780/21/CAPÍTULO 1.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14780/21/CAPÍTULO%201.pdf)

Jones, D. (2018). Gros Michel. Retrieved January 4, 2016, from Promusa website: <http://www.promusa.org/Gros+Michel>

Karamura, D., Karamura, E., & Blomme, G. (2011). General Plant Morphology of Musa. *Banana Breeding*, (January), 1–20. <https://doi.org/10.1201/b10514-2>

Köberl, M., Dita, M., Nimusiima, J., Tumuhairwe, J. B., Kubiriba, J., Staver, C., & Berg, G. (2018). The banana microbiome: stability and potential health indicators. *Acta Horticulturae*, 1196, 1–8. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1196.1>

Li, C., Yang, J., Li, W., Sun, J., & Peng, M. (2017). Direct root penetration and rhizome vascular colonization by *Fusarium Oxysporum* f. sp. *cubense* are the key steps in the successful infection of Brazil cavendish. *Plant Disease*, 101(12), 2073–2078. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0467-RE>

- Hidalgo, A. L., Olivo, R. C., & Aguirre, C. J. (2015). Concentration Ratio and Frequency of Application Level Ozone Damage Black Sigatoka in Bananas. Design of a Protocol Irrigation With Ozonated Water. *Alternativas*, 16(2), 66–75. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi0zsaV8rnAhUUHLkGHSnFAycQFjAAegQIBxAB&url=https%3A%2F%2Fdia.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5599765.pdf&usq=AOvVaw2VWnGEJROG7LjcnVe4UvQu>
- López-Zapata, S. P., & Castaño-Zapata, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [*Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 31910. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1240>
- Manzo, G. (2019). Genetic variability of *Pseudocercospora fijiensis*, the black Sigatoka pathogen of banana (*Musa* spp.) in Mexico. *Statistical Field Theor*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., & Enrique-Manzanilla, E. (2020). *Fusarium* wilt by tropical race 4: Current status and presence in the American continent. *Agronomy Mesoamerican*, 31(1), 259–276. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37925>

Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador. (2017). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. *Ministerio de Comercio Exterior*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Monge, S., Torres, A., Ribeiro, R., Silva, A., & Bengoa, C. (2018). *Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales* (Red Triton, Ed.). Retrieved from <http://triton-cyted.com/wp-content/uploads/2019/04/Manual-sobre-oxidaciones-avanzadas.pdf>

MundoAgro. (2018). El uso del ozono en la agricultura incrementa hasta un 40% la productividad. *Econoticias*, 1–2. Retrieved from <https://www.ecoticias.com/agricultura-ecologica/105262/ozono-agricultura-incrementa-productividad>

Mundomaritimo. (2020). Ecuador : Exportaciones de banano crecieron un 9 , 92 % en el primer trimestre de 2020. Retrieved from Ltin American Forum website: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/ecuador-exportaciones-de-banano-crecieron-un-992-en-el-primer-trimestre-de-2020>

Nasa Earth Observatory. (2013). Chemistry of the Ozone Layer. NASA, 2010.

Ploetz, R. C. (2015). Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. *Crop Protection*, 73, 7–15. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2015.01.007>

Prieto, C. (2020). Laboratorio y Coronavirus. *Clinalgia*. Retrieved from <https://clinalgia.com/evidencia-cientifica-ozonoterapia-coronavirus/>

Román, M. I., Alonso, M., & Barrios, A. (1962). Marcadores de la variabilidad genética en el género *Musa*. *Fao*, 20.

Salud, O. P. de la. (2020). Establecimiento: mantenimiento, limpieza y desinfección. Retrieved from https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10822:2015-establecimiento-mantenimiento-limpieza-desinfeccion&Itemid=42210&lang=es

Sega, A., Zanardi, I., Chiasserini, L., Gabbrielli, A., Bocci, V., & Travagli, V. (2010). Properties of sesame oil by detailed ¹H and ¹³C NMR assignments before and after ozonation and their correlation with iodine value, peroxide value, and viscosity measurements. *Chemistry and Physics of Lipids*, 163(2), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2009.10.010>

Sega, A., Zanardi, I., Chiasserini, L., Gabbrielli, A., Bocci, V., & Travagli, V. (2010). Properties of sesame oil by detailed ¹H and ¹³C NMR assignments before and after ozonation and their correlation with iodine value, peroxide value, and viscosity measurements. *Chemistry and Physics of Lipids*, 163(2), 148–156. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMPHYSLIP.2009.10.010>

Shahbandeh, M. (2020). Global fruit production in 2017, by selected variety (in million metric tons). *Statista*, 2018–2020. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/>

Stover, R.H. (1980). Sigatoka leaf spot of banana and plantains. *Plant disease* 64: 750-756

Tecnozono.es. (2019). Ozono. *Portal Medio Ambiental*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000200229

Travagli, V., Zanardi, I., Valacchi, G., & Bocci, V. (2010). Ozone and Ozonated Oils in Skin Diseases: A Review. *Mediators of Inflammation*, 2010, 610418. <https://doi.org/10.1155/2010/610418>

Ugazio, E., Tullio, V., Binello, A., Tagliapietra, S., & Dosio, F. (2020). Ozonated oils as antimicrobial systems in topical applications. Their characterization, current applications, and advances in improved delivery techniques. *Molecules*, 25(2). <https://doi.org/10.3390/molecules25020334>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Villalta Borja Tito José** con C.C: # **0704134501** Autor del trabajo del componente práctico del examen complejo: **Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el *Fusarium oxysporum* Raza 1 en el cultivar de banano (*Musa acuminata* AAA) Gros Michel a nivel de invernadero**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre de 2020

Villalta Borja Tito José
C.C: **0704134501**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el <i>Fusarium oxysporum</i> Raza 1 en el cultivar de banano (<i>Musa acuminata</i> AAA) Gros Michel a nivel de invernadero.		
AUTOR(ES)	Villalta Borja, Tito José		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Llerena Hidalgo Ángel Bernardo, Ph.D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agropecuaria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Agropecuario		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de septiembre de 2020	No. DE PÁGINAS:	61
ÁREAS TEMÁTICAS:	Manejo sostenible de cultivos tropicales		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Aceite ozonizado, Mal de Panamá, Banano, Gros Michel, Cavendish.		
RESUMEN	<p>Este trabajo tiene como objetivo determinar la eficiencia del aceite ozonizado para controlar el hongo <i>Fusarium oxysporum cubense</i> Raza 1 el cual provoca la enfermedad del Mal de Panamá en el cultivo de banano de la variedad Gros Michel. El hongo al causar una obstrucción de los haces vasculares de la planta causando la muerte de la misma. La investigación de 3 meses está destinada a realizar el estudio a nivel de laboratorio y a nivel de invernadero del efecto que tiene el hongo Foc el cual será inoculado en el sustrato previo al trasplante del rizoma de banano para poder comprobar la eficiencia del efecto del aceite ozonizado. El hongo será replicado en un medio de cultivo de PDA para su reproducción y posteriormente será inoculado en el sustrato. Utilizando un diseño completamente aleatorizado mono factorial y Andeva del ensayo experimental evaluando cada una de las variables para cumplir con el objetivo general con el aceite ozonizado. Se determinará el mejor tratamiento dependiendo de los reportes semanales tomando en cuenta el método de Stover modificada por Gauhl y las variables propuestas analizadas por el paquete estadístico InfoStat de las pruebas posteriori Test LSD Fisher. Se espera obtener una respuesta positiva, influenciando el uso alternativo de este método anti fúngico reduciendo uso indiscriminado de los fungicidas convencionales que el productor bananero esta acostumbrado a recurrir para el control de esta enfermedad conocida como mal de panamá en el cultivar Gros Michel y los resultados podrán ser extrapolados a la variedad que se siembra comercialmente a nivel mundial Cavendish.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593995552248	E-mail: titovillaltab@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc		
	Teléfono: +593987361675		
	Correo: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			