



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**

Proyecto de investigación  
previo a la obtención del  
título de Ingeniero Agrónomo

**Título del Proyecto de Investigación:**

Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.) en la empresa Reybanpac.

**Autor:**

Sergio Eduardo Jacome Vega

**Director del proyecto de investigación:**

Favio Eduardo Herrera Egüez, PhD.

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2020**

## CONVENIO ENTRE UTEQ Y REYBANPAC

El proyecto de investigación “Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.) en la empresa Reybanpac.”, se desarrolló bajo el convenio marco de cooperación interinstitucional entre la empresa REYBANPAC, REY BANANO DEL PACÍFICO. C.A, Y LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, firmado a los 8 días del mes de Noviembre de 2018.



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO**

Yo, **SERGIO EDUARDO JACOME VEGA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

---

**SERGIO JACOME VEGA**  
AUTOR  
C.C. # 1205442062

# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Favio Eduardo Herrera Egüez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Sergio Eduardo Jacome Vega**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.) en la empresa Reybanpac.”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias para el efecto.

---

Favio Eduardo Herrera Egüez, PhD.

**DIRECTOR DE TESIS**

# REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIEDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

URKUND	
Documento	<a href="#">TESIS JACOME 26-06-2020 URKUND.docx</a> (D75690403)
Presentado	2020-06-26 15:26 (-05:00)
Presentado por	Favio (fherrerae@uteq.edu.ec)
Recibido	fherrerae.uteq@analysis.orkund.com
	7% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.) en la empresa Reybanpac.

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

---

Dr. Víctor Manuel Guamán Sarango

**Presidente del tribunal**

---

Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez

**Miembro del tribunal**

---

Ing. Freddy Javier Guevara Santana

**Miembro del tribunal**

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2020

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por haber permitido cumplir una nueva meta en mi vida, por la salud y la constancia que me fue brindada para lograr tener éxito en esta etapa.

Gracias a mis padres y familiares que me brindaron toda la ayuda desde el primer momento que empecé con mis estudios, por toda la educación y los valores que desde pequeño me supieron inculcar. Gracias por confiar en mí y también agradecer que a pesar de todas las caídas que he tenido siempre me han apoyado.

A la empresa REYBANPAC por la ayuda en la ejecución de este proyecto, por su apoyo técnico y económico que nos ofrecieron desde el inicio de la investigación.

Al grupo del laboratorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo conformado por el Ing. Ángel Cedeño, Ing. Javier Auhing, Ing. Jorge Acosta, Ing. Anthonio Mendoza, Steven Loor y Luis Vera por toda su ayuda en este proceso.

Al Dr. Favio Herrera por su apoyo como director de la investigación y esfuerzo dedicado para hacer de este proyecto algo satisfactorio.

A mi novia, una persona muy especial que estuvo conmigo casi desde del inicio y que supo acompañarme en todo este trayecto. Gracias por tu apoyo, preocupación y cariño brindado todos estos años, sepas que, estoy muy agradecido por ser más que una pareja, mí mejor amiga.

Y por último, pero no menos importante, a mis compañeros y amigos quienes me brindaron su ayuda y más que eso su sincera amistad, por hacer de este proceso un poco más divertido y entre todos apoyarnos, gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme realizar un gran logro y objetivo de vida, esperando que este solo sea uno de tantos logros que me permitiese cumplir.

A mis padres Nathy y Sergio, por ser los pilares fundamentales en todo este proceso, a mis familiares, y personas cercanas que me apoyaron incondicionalmente.

A todas las personas que de una u otra manera me apoyaron hasta cumplir mi objetivo.

*Eduardo Jacome*

## RESUMEN

Actualmente el cultivo de banano se ve afectado por muchas plagas y enfermedades que disminuyen el nivel de producción, pero se desconoce la etiología de algunas de ellas. Uno de los problemas a nivel de post-cosecha es el “dedo pudre”, el cual se atribuye ser causado por hongos, bacterias y deficiencia de nutrientes. El presente trabajo tuvo como objetivo la identificación, caracterización morfológica y la evaluación de cinco productos comerciales como alternativa de control frente al patógeno fúngico encontrado en dedos de banano a nivel de post-cosecha. Luego del aislamiento del patógeno y pruebas de patogenicidad, se emplearon claves de identificación para determinar su morfología. La identificación morfológica para hongos es un poco limitada ya que existen diversos microorganismos de características similares. Observando los caracteres macro y microscópicos con sus respectivos ensayos *in vitro*, se pudo determinar que el posible agente causal pertenece al género *Fusarium*. Una vez identificado morfológicamente el patógeno se estudió su crecimiento a nivel *in vitro* frente a cinco productos comerciales (Copper, Cuprospor, Primebact Plus, Timorex Gold y Progranic Mega) en dosis baja, media y alta según las recomendaciones del fabricante. Se utilizó un diseño completamente al azar con 16 tratamientos en tres repeticiones usando el ADEVA y posterior prueba de Tukey al 95 % de probabilidad, evaluando el porcentaje de inhibición y número de esporas por cada unidad experimental. El producto Copper en concentración alta presentó un porcentaje de inhibición del 88.8 % y una concentración aproximada de 335 111 esporas por ml, por otro lado, Cuprospor en concentración alta obtuvo un porcentaje de inhibición del 85.5 % y una concentración de 630 222 esporas por ml, siendo estos dos tratamientos superiores en la inhibición del crecimiento comparados con el testigo.

**Palabras claves:** Banano, dedo pudre, *Fusarium*, Copper, Cuprospor.

## ABSTRACT

Banana cultivation is currently affected by many pests and diseases that decrease the production, but the etiology of some of them is unknown. One of the problems at the post-harvest level is Banana finger rot disease, which is attributed to being caused by fungi, bacteria and nutrient deficiencies. The objective of the present work was to identify, morphologically characterize and evaluate five commercial products as a control alternative to the fungal pathogen found in banana fingers at the post-harvest level. After its isolation and pathogenicity tests, identification keys were used to determine its morphology. The morphological identification for fungi is somewhat limited since there are various microorganisms with similar characteristics. Morphological identification for fungi is somewhat limited and more complex than it appears to be, since there are several microorganisms with similar characteristics. Observing the macro and microscopic characters with their respective *in vitro* tests, it was possible to determine that the possible causal agent belongs to the genus *Fusarium*. Once the pathogen had been morphologically identified, its growth was studied *in vitro* with five commercial products (Copper, Cuprospor, Primebact Plus, Timorex Gold and Progranic Mega) in low, medium and high doses according to the manufacturer's recommendations. A completely randomized design with 16 treatments in three repetitions using the ANOVA and subsequent Tukey test at 95 % probability, evaluating the percentage of inhibition and number of spores for each experimental unit. The Copper product in high concentration presented an inhibition percentage of 88.8 % and an approximate concentration of 335 111 spores per ml, on the other hand, Cuprospor in high concentration obtained an inhibition percentage of 85.5 % and a concentration of 630 222 spores per ml, these being two superior treatments in growth inhibition compared to the control.

**Keywords:** Banana, finger rot, *Fusarium*, Copper Cuprospor.

# ÍNDICE

CONVENIO ENTRE UTEQ Y REYBANPAC.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO.....	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIEDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
CÓDIGO DUBLIN .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

## **CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

1.1. Problema de Investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del Problema .....	3
1.1.2. Formulación del problema .....	3
1.1.3. Sistematización del problema .....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. Justificación .....	5

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

2.1. Marco Teórico .....	7
2.1.1. Cultivo de banano .....	7
2.1.2. Taxonomía .....	7
2.1.3. Zonas de producción.....	7
2.1.4. Importancia económica.....	8

2.1.5. Exportaciones y comercialización .....	8
2.1.6. Aporte nutricional .....	8
2.2. Variedades más usadas en el Ecuador .....	9
2.3. Problemas más comunes en la post-cosecha del banano .....	10
2.3.1. Pudrición suave de los dedos .....	10
2.3.2. Pudrición de la corona .....	11
2.3.3. Antracnosis ( <i>Colletotrichum musae</i> ) .....	13
2.3.4. Pudrición tipo ceniza de cigarro ( <i>Verticillium theobromae</i> ) .....	14
2.3.5. Pruebas de patogenicidad (Postulados de Koch) .....	15
2.4. Control del patógeno.....	16
2.4.1. Agroquímicos .....	16

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

3.1. Localización de la Investigación .....	22
3.2. Tipo de investigación .....	22
3.3. Método de investigación.....	22
3.4. Fuente de recopilación de información .....	22
3.5. Material vegetal .....	23
3.6. Diseño de investigación y análisis estadístico.....	23
3.7. Instrumento de la investigación .....	23
3.7.1. Tratamientos.....	24
3.8. Manejo del experimento .....	25
3.8.1. Recolección de muestras .....	25
3.8.2. Aislamiento y purificación.....	25
3.8.3. Incubación y almacenamiento del patógeno .....	25
3.8.4. Pruebas de patogenicidad .....	26
3.8.5. Características morfométricas del agente causal.....	26
3.8.6. Claves para caracterización morfológica del patógeno.....	27
3.8.7. Pruebas <i>in vitro</i> de los agroquímicos frente al patógeno .....	27
3.8.8. Variables registradas .....	29
3.9. Materiales y equipos .....	30
3.9.1. Material del laboratorio.....	30
3.9.2. Material de oficina .....	31
3.9.3. Equipo de laboratorio.....	31

3.9.4. Reactivos .....	31
------------------------	----

#### **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

4.1. Resultados.....	33
4.1.1. Aislamiento y preservación del patógeno .....	33
4.1.2. Pruebas de patogenicidad .....	33
4.1.3. Medición de estructuras del patógeno .....	34
4.1.4. Porcentaje de inhibición del patógeno .....	35
4.2. Efecto de la aplicación de los productos <i>in vitro</i> .....	39
4.3. Discusión .....	43

#### **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones .....	48

#### **CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA.**

6.1. Bibliografía .....	50
-------------------------	----

#### **CAPÍTULO VII. ANEXOS.**

7.1. Anexos .....	55
-------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del banano. ....	7
<b>Tabla 2.</b> Aporte nutricional del banano. ....	9
<b>Tabla 3.</b> Composición del producto (Copper). ....	17
<b>Tabla 4.</b> Composición del producto (Cuprospor). ....	18
<b>Tabla 5.</b> Composición del producto (Primebact plus). ....	19
<b>Tabla 6.</b> Composición del producto (Progranic mega). ....	20
<b>Tabla 7.</b> Esquema del ADEVA usado en el presente ensayo. ....	23
<b>Tabla 9.</b> Agroquímicos y dosis usadas para el control del patógeno a nivel <i>in vitro</i> . ....	28

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura de los microorganismos. a) microconidios de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> b) conidióforo de <i>Cladosporium musae</i> .....	11
<b>Figura 2.</b> Micelio del hongo en la corona del banano. ....	11
<b>Figura 3.</b> Macroconidios de <i>Fusarium</i> observadas bajo el microscopio.....	12
<b>Figura 4.</b> Estructuras de <i>Aspergillus spp.</i> Bajo microscopio óptico.....	12
<b>Figura 5.</b> Estructura morfológica de <i>Penicillium spp.</i> Observada bajo el microscopio. ....	13
<b>Figura 6.</b> Daños causados por ( <i>Colletotrichum musae</i> ). a) Observación macroscópica de lesiones b) Observación de lesiones a nivel de todo el fruto. ....	13
<b>Figura 7.</b> Cepas cultivadas de <i>Colletotrichum musae</i> . a) Formación de la colonia. b) Colonia 10 días después de crecimiento. ....	14
<b>Figura 8.</b> Colonia de <i>Verticillium theobromae in vitro</i> . ....	15
<b>Figura 9.</b> Siembra <i>in vitro</i> de los productos. a) Cooper; b) Cuprospor; c) Primebact Plus; d) Timorex Gold; e) Progranic Mega; f) Testigo. ....	28
<b>Figura 10.</b> Cámara de Neubauer.....	30
<b>Figura 11.</b> Colonia del hongo purificada a los 18 días de la siembra.....	33
<b>Figura 12.</b> Síntomas expresados por el patógeno, a) síntomas encontrados en campo. b) fruto con síntomas de pudrición necrótica sin presencia de micelio. c) fruto inoculado con síntomas similares a los recolectados en la post-cosecha. d) infección completa del patógeno. ....	34
<b>Figura 13.</b> Estructuras del patógeno a) micelio del hongo a los 18 días, b y c) microconidios observadas con un lente de 40 y 100X, d) macroconidios, e) fialides, f) microconidios agrupadas formando falsas cabezas. ....	35
<b>Figura 14.</b> Inhibición al crecimiento micelial por Copper, evaluado en diferentes concentraciones.....	36
<b>Figura 15.</b> Inhibición al crecimiento micelial por Cuprospor, evaluado en diferentes concentraciones.....	36
<b>Figura 16.</b> Inhibición al crecimiento micelial por Primebact Plus, evaluado en diferentes concentraciones. ....	37
<b>Figura 17.</b> Inhibición al crecimiento micelial por Timorex Gold, evaluado en diferentes concentraciones.....	38

<b>Figura 18.</b> Inhibición al crecimiento micelial por Progranic Mega, evaluado en diferentes concentraciones. ....	38
<b>Figura 19.</b> Ilustración inhibición de crecimiento micelial por agroquímicos en el patógeno, reducción de crecimiento, alteración y deformación del micelio.....	40
<b>Figura 20.</b> Concentración de esporas de los diferentes tratamientos sometidos a estudio.	41
<b>Figura 21.</b> Interacción de los tratamientos en sus diferentes concentraciones, mostrando los efectos inhibitorios transcurridos los 18 días de la siembra <i>in vitro</i> del crecimiento micelial.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Siembra <i>in vitro</i> del patógeno encontrado ( <i>Fusarium</i> ).....	55
<b>Anexo 2.</b> Crecimiento de una colonia purificada de <i>Fusarium</i> aislado de dedos de banano. ....	55
<b>Anexo 3.</b> Preservación del patógeno aislado ( <i>Fusarium</i> ), en tubos inclinados de PDA. ....	56
<b>Anexo 4.</b> Pruebas de patogenicidad y conservación en cámaras húmedas. ....	56
<b>Anexo 5.</b> Resultados de pruebas de patogenicidad. Síntomas internos y externos del dedo inoculado a los 20 días bajo condiciones controladas.....	56
<b>Anexo 6.</b> Esterilización de los materiales y preparación de los medios de cultivo con los respectivos productos previo a la siembra <i>in vitro</i> .....	56
<b>Anexo 7.</b> Toma de datos (conteo de esporas).....	56

## CÓDIGO DUBLIN

TÍTULO:	Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano ( <i>Musa paradisiaca</i> L.) en la empresa Reybanpac.
Autor:	Sergio Eduardo Jácome Vega.
Palabras claves:	Banano, dedo pudre, <i>Fusarium</i> , Copper, Cuprospor.
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Actualmente el cultivo de banano se ve afectado por muchas plagas y enfermedades que disminuyen el nivel de producción, pero se desconoce la etiología de algunas de ellas. Uno de los problemas a nivel de post-cosecha es el “dedo pudre”, el cual se atribuye ser causado por hongos, bacterias y deficiencia de nutrientes. El presente trabajo tuvo como objetivo la identificación, caracterización morfológica y la evaluación de cinco productos comerciales como alternativa de control frente al patógeno fúngico encontrado en dedos de banano a nivel de post-cosecha. Luego del aislamiento del patógeno y pruebas de patogenicidad, se emplearon claves de identificación para determinar su morfología. La identificación morfológica para hongos es un poco limitada ya que existen diversos microorganismos de características similares. Observando los caracteres macro y microscópicos con sus respectivos ensayos <i>in vitro</i>, se pudo determinar que el posible agente causal pertenece al género <i>Fusarium</i>. Una vez identificado morfológicamente el patógeno se estudió su crecimiento a nivel <i>in vitro</i> frente a cinco productos comerciales (Copper, Cuprospor, Primebact Plus, Timorex Gold y Progranic Mega) en dosis baja, media y alta según las recomendaciones del fabricante. Se utilizó un diseño completamente al azar con 16 tratamientos en tres repeticiones usando el ADEVA y posterior prueba de Tukey al 95 % de probabilidad, evaluando el porcentaje de inhibición y número de esporas por cada unidad experimental. El producto Copper en concentración alta presentó un porcentaje de inhibición del 88.8 % y una concentración aproximada de 335 111 esporas por ml, por otro lado, Cuprospor en concentración alta obtuvo un porcentaje de inhibición del 85.5 % y una concentración de 630 222 esporas por ml, siendo estos dos tratamientos superiores en la inhibición del crecimiento comparados con el testigo.</p>
Descripción:	
URI:	

# INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la exportación de banano representa el 2 % del PIB general y aproximadamente el 35 % del PIB agrícola. El sector bananero representa un eje central para la actividad económica (ISBE, 2017), generando mayores ingresos y proporcionando más oportunidades de empleo en comparación con otros sectores productivos no petroleros del país.

El manejo post-cosecha en el cultivo de banano inicia desde el corte del racimo hasta que el producto llega al puerto de embarque (Seraquive, 2017), y comprende las fases de desmane, curación de la corona, protección de la corona, empacado, etc.

Al momento de presentarse una enfermedad se hacen visibles diferentes signos y síntomas, que resultan de mucha importancia para su identificación y estudio en general. Mediante el aislamiento del agente causal y completando los postulados de Koch, se procede a la identificación del patógeno. Una vez aislado el agente causal, y replicando las condiciones en la post-cosecha, se determinaron los posibles agentes involucrados en el desarrollo de la enfermedad en una hacienda de la empresa Reybanpac. Esta investigación permitió identificar el patógeno en el proceso de post-cosecha del cultivo de banano, ya que es en esta etapa donde se pierde la mayor cantidad del producto. Esto trae como consecuencia daños de tipo económico y pérdidas en la plantación, debido a que las plantas infectadas sirven como foco de infección.

Estudios como los presentados a continuación permiten mitigar los daños causados por agentes patógenos responsables de enfermedades. La presencia de dedos de banano con síntomas de pudrición y el desconocimiento de su procedencia, fueron el hincapié para la realización del presente proyecto. Este proceso tuvo como finalidad el aislamiento del agente causal y la aplicación de las pruebas de patogenicidad para recabar información necesaria y completar su caracterización morfométrica. Se presentaron alternativas de posibles controles a los agentes causales y se realizaron pruebas a nivel *in vitro* para encontrar una alternativa ante el ataque del patógeno y poder contrarrestar el daño ocasionado.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de Investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

En Ecuador, debido a sus factores climáticos altamente inestables, aumentan el riesgo de la aparición de diversos géneros y especies de patógenos. Existen patógenos que no se centran en una sola área de la planta, y atacan el área foliar, radicular, tallo y su sistema vascular.

El banano al ser un cultivo sensible requiere el monitoreo constante y procesos eficientes para que la plantación tenga un desarrollo adecuado. Con la presencia de la enfermedad todos estos planes que se tienen previstos se ven completamente alterados, y esto provoca un efecto cadena que afecta directa e indirectamente a miles de familias que están relacionadas con el manejo de este cultivo. Por ello, se necesita trabajar en la identificación de agentes causales de enfermedades que permitan mitigar el impacto negativo y pérdidas sobre la producción, para así desarrollar métodos de control alternativos de acuerdo a la biología del patógeno.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿A qué tipo de organismo se atribuyen los daños ocasionados en la post-cosecha?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

En base a la problemática abordada anteriormente se plantean las siguientes directrices:

¿Cuál es el patógeno que está causando daños en post-cosecha?

¿Qué producto es el que mayor inhibición provoca sobre el patógeno?

¿Cuál es la eficacia de los tratamientos frente al patógeno?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Identificar el posible agente causal biológico patogénico en la fase de post-cosecha del cultivo de banano en la empresa Reybanpac.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Aislar el patógeno para conocer sus cualidades morfométricas a nivel de laboratorio.
- Inocular el agente patogénico, y mediante los postulados de Koch conocer el tipo y la etiología del patógeno encontrado.
- Determinar el efecto de la aplicación de cinco productos sobre el desarrollo de la enfermedad en condiciones *in vitro*.

### **1.3. Justificación**

El sector bananero genera alrededor 2.5 millones de empleos en el país, contribuyendo con un gran aporte social al crecimiento de la economía local. Al ser uno de los cultivos más sembrados en el país, su producción se encuentra distribuida en varias provincias del Ecuador. Los problemas que ocasionan pérdida de la fruta, sean plagas o enfermedades, no solo afectan al productor o a la empresa, sino que afectan a un país entero (ISBE, 2017).

En el cultivo de banano se presentan diversas actividades de las cuales algunas están relacionadas con el ataque de varios agentes patógenos y la causa de problemas fitosanitarios. En este caso, en la fase de post-cosecha existe mayor susceptibilidad al ataque de diferentes microorganismos, ya que los trabajadores al momento de realizar labores como el corte de la fruta dejan al descubierto heridas por la cual el patógeno podría encontrar las vías de acceso necesarias para su infección.

El presente trabajo de investigación aporta con información que ayudará a los productores de banano a reducir las pérdidas ocasionadas por el ataque de patógenos e incrementar la rentabilidad de sus cultivos. Al no contar con un plan de trabajo, o actividades específicas para reducir el impacto de patógenos, se generan pérdidas de la fruta que se podrían prevenir en un futuro con la identificación del organismo, evitando así que el agente causal encuentre las condiciones favorables para cumplir su ciclo de vida.

Uno de los factores que se estudió en esta investigación fue el uso de cinco agroquímicos para determinar si existe alguna acción inhibidora del crecimiento micelial, e identificar las posibilidades de su uso como una alternativa de control para prevenir pérdidas de fruta y lograr incrementos en su producción. Actualmente, el país se encuentra en alerta ante enfermedades devastadoras que están cerca de nuestro territorio, y por ello, es importante determinar el origen y tipo de patógenos que está generando daño en las plantaciones de banano.

**CAPÍTULO II.**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco Teórico

### 2.1.1. Cultivo de banano

El banano (*Musa paradisiaca*) es una planta perteneciente a la familia de las musáceas. Las raíces son gruesas, carnosas y se ramifican en pelos absorbentes que son los responsables de la absorción del agua y nutrientes. El verdadero tallo es un rizoma grande almidonoso y subterráneo, que está coronado con yemas las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. El banano junto al arroz, trigo, y maíz se encuentran ubicados entre los cuatro principales cultivos a nivel mundial, creciendo principalmente en los trópicos y subtropicos (Pazmiño, 2007).

### 2.1.2. Taxonomía

En la tabla 1 se muestra la taxonomía del banano según la FAO (2002).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del banano.

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Genero	<i>Musa</i>
Especie	<i>Paradisiaca</i>

**Fuente:** FAO (2002)

### 2.1.3. Zonas de producción

Dentro del país se encuentran identificadas tres zonas importantes de producción, las cuales están distribuidas en: zona norte que abarca la provincia de Esmeraldas y Pichincha, la zona central que incluye la provincia de Los Ríos abarcando parte del área de Quevedo y

parte de La Maná en la provincia de Cotopaxi, y la zona sur en la provincia del Oro en Machala, Santa Rosa, Arenillas y Pasaje (Seraquive, 2017).

#### **2.1.4. Importancia económica**

Este cultivo tiene gran importancia en el Ecuador, y representa la segunda fuente de ingresos al estado después de la producción petrolera. El Ecuador es el primer exportador bananero del mundo, aportando aproximadamente un 30 % de la oferta mundial, seguido de Colombia, Filipinas y Costa Rica que juntos logran alcanzar aproximadamente el 50 % de la oferta a nivel mundial (ProEcuador, 2017).

#### **2.1.5. Exportaciones y comercialización**

Desde 1990, Ecuador es el primer proveedor de banano en la Unión Europea y el segundo mayor de los Estados Unidos. También exporta productos semielaborados de banano como: puré, harina, deshidratados y chifles. Así mismo, el Ecuador cuenta con una oferta de banano orgánico certificado, disponible durante todo el año (FAO, 2002).

En la actualidad, el cultivo de banano es el principal sostén económico de nuestro país, generando el mayor desarrollo agrícola desde el punto de vista social que, a su vez, ofrece diversas fuentes de trabajo directa e indirectamente del cual dependen muchas familias, siendo así un punto significativo para mantener la seguridad y soberanía alimentaria de la población. Como producto de exportación también aporta de forma directa a la economía de países en desarrollo como Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún y Filipinas (FAO, 2002).

#### **2.1.6. Aporte nutricional**

El banano tiene un considerable valor nutricional para el ser humano y es reconocido principalmente por su alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo (Tabla 2). El potasio se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, además de ser esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el correcto funcionamiento del corazón (Crocco, 2012).

**Tabla 2.** Aporte nutricional del banano.

<b>Contenidos</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	75 g.
Hidrato de carbonos digestibles	20 g.
Grasa bruta	0.3 g.
Fibra bruta	0.3 g.
Calcio	13.8
Hierro	1.5 mg
Potasio	350 mg
Vitamina C	10 mg.
Energía	460 kJ.
Desechos antes del consumo	33 %

**Fuente:** Crocco (2012).

## **2.2. Variedades más usadas en el Ecuador**

Las variedades más cultivadas en nuestro país son Gros Michel y Cavendish, sus características se detallan a continuación:

### **a) Gros Michel**

Es una variedad grande y robusta, su pseudotallo tiene una longitud promedio de cinco a siete metros de altura, con una coloración verde claro y algunas tonalidades rosadas en algunas partes. Los racimos son alargados de forma cilíndrica, y tienen un promedio de 10 a 14 manos. En los años de 1950 aproximadamente la producción de esta variedad se vio exterminada en el país a causa de *Fusarium oxysporum*, conocido vulgarmente como “Mal de Panamá”.

### **b) Cavendish**

En lo que respecta a esta variedad es una de las más cultivadas en el Ecuador, se han desarrollado siete sub-variedades principales que tienden a ser menos susceptibles al “Mal

de Panamá”. Entre ellas tenemos: Lacatan o Filipino, Poyo, Valery, Robusta, Giant Cavendish, Cavendish Enano y Gran Nain.

Los bananos del subgrupo Cavendish son frutas sensibles al estropeo. Por lo tanto, la actividad de campo que se realiza en cosecha y post-cosecha, involucra todas aquellas actividades que permiten proteger al racimo desde la parición hasta su llegada a la empacadora (Naturland, 2001).

## **2.3. Problemas más comunes en la post-cosecha del banano**

### **2.3.1. Pudrición suave de los dedos**

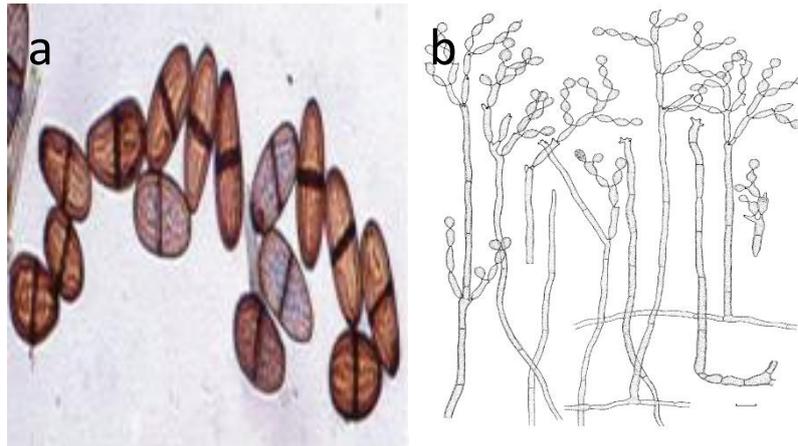
En general existen diferentes enfermedades cuyo síntoma principal es la pudrición de dedos de banano, en sí, esta causa es provocada por un grupo diverso de patógenos que en conjunto con el ambiente encuentran las condiciones favorables para completar su infección.

#### **a) Síntomas**

La característica más visible de esta enfermedad es la pudrición del dedo, específicamente en la pulpa. En condiciones de alta humedad existe un crecimiento acelerado de micelio, la enfermedad se desarrolla rápidamente durante el periodo de maduración ya que la misma se disemina con facilidad a los dedos adyacentes del fruto podrido prevaleciendo e infectando nuevo material vegetal.

#### **b) Agentes causales**

Existe más de un patógeno responsable de esta enfermedad, y a su vez, la acción combinada de varios de ellos es la que resulta en el origen de la misma, los que más destacan son: *Lasiodiplodia theobromae*, *Cetatoscystis*, *Cladosporium*, entre otros (Figura 1). La enfermedad en campo se puede transmitir a través de restos vegetales de plantaciones anteriores ya que varios hongos pueden sobrevivir por muchos años en el suelo. Además de factores como el viento y lluvia que transportan las esporas del hongo (Hurtado, 2016).



**Figura 1.** Estructura de los microorganismos. a) microconidios de *Lasiodiplodia theobromae* b) conidióforo de *Cladosporium musae*.

**Fuente:** Hurtado (2016).

### 2.3.2. Pudrición de la corona

Es una de las enfermedades que afecta la calidad de la fruta de exportación. La enfermedad se desarrolla durante la fase de transporte.

#### a) Síntomas

Presenta síntomas de pudrición y necrosis en la corona que se extiende hacia la fruta, con la aparición de un desarrollo micelial de color blanco en la superficie de la corona (Figura 2). Esto afecta significativamente el mercado del banano, ya que el mismo depende de rigurosos estándares de calidad y regulaciones exigidas por los países a donde está destinada su importación (Polanco, 2004).



**Figura 2.** Micelio del hongo en la corona del banano.

**Fuente:** Aycart (2018).

## b) Morfología

La mayoría de los hongos causantes sobreviven en las hojas y flores de las plantaciones cuyas esporas son dispersadas con el viento. La infección se produce cuando estas esporas entran en contacto con la superficie cortada de la corona (Rivera, 2016).

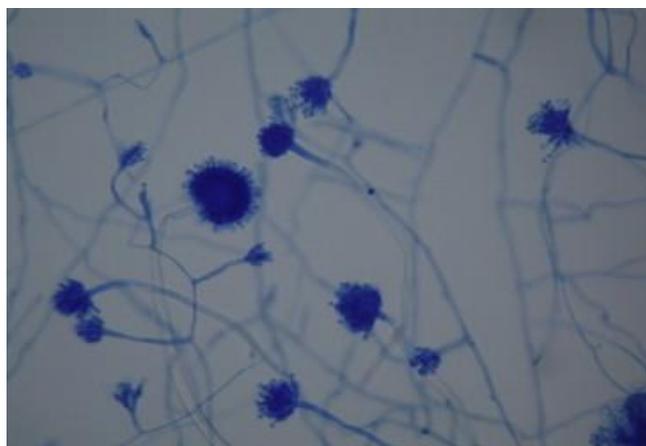
## c) Agentes causales

Esta enfermedad ha sido asociada a factores bióticos considerando varios hongos tales como: *Fusarium roserum* (Figura 3), *Aspergillus spp.* (Figura 4) y *Penicillium spp.* (Figura 5), entre otros. A continuación, se muestra la estructura morfológica de los patógenos nombrados con el fin de ayudar a su identificación.



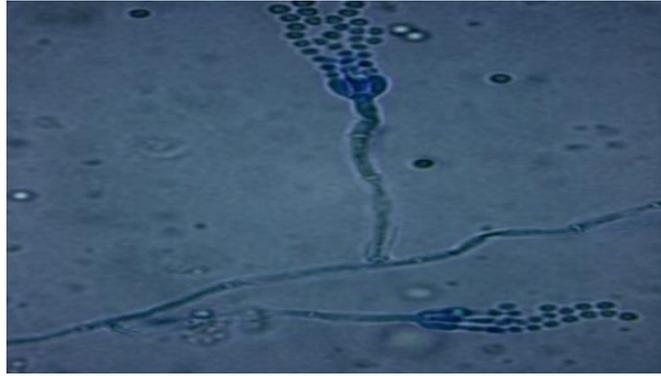
**Figura 3.** Macroconidios de *Fusarium* observadas bajo el microscopio.

**Fuente:** Cardona (2019).



**Figura 4.** Estructuras de *Aspergillus spp.* Bajo microscopio óptico.

**Fuente:** Gefor.org (2017).



**Figura 5.** Estructura morfológica de *Penicillium spp.* Observada bajo el microscopio.

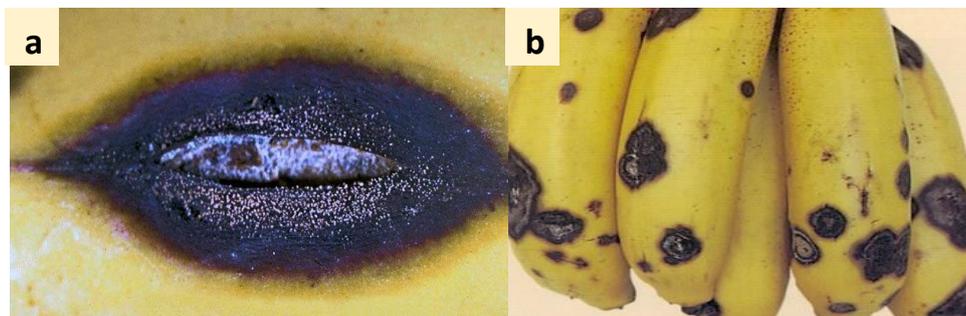
**Fuente:** Renenberg (2009).

### 2.3.3. Antracnosis (*Colletotrichum musae*)

Causada por el hongo *C. musae*, se vuelve evidente a medida que los bananos maduran, especialmente en heridas y aberturas de la piel que se pueden madurar prematuramente y la pulpa se pudre progresivamente.

#### a) Sintomatología

El hongo provoca manchas hundidas de color café oscuro a negro en la cáscara de las frutas infectadas (Figura 6a). Las esporas se pueden propagar a través del viento, el agua y los insectos, así como las aves y las ratas que se alimentan de los bananos. Entran a la fruta a través de pequeñas heridas en la cáscara y luego germinan e inician la expresión de los síntomas (Figura 6b). Entre las condiciones favorables para la infección se pueden mencionar las temperaturas elevadas, la humedad alta y las lluvias frecuentes (Polanco, 2004).

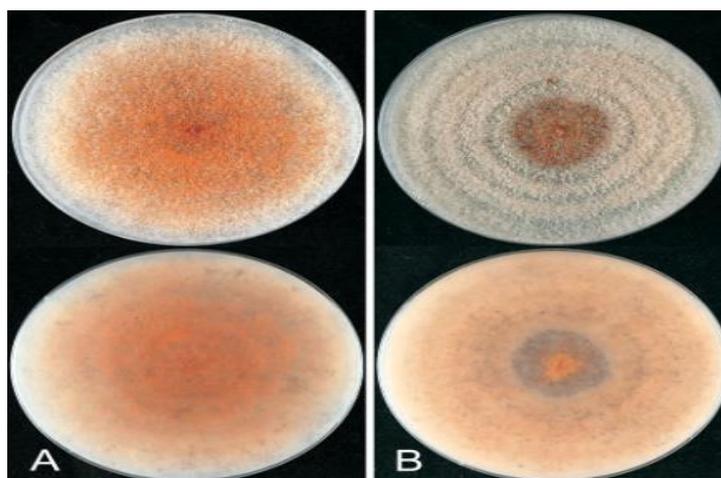


**Figura 6.** Daños causados por (*Colletotrichum musae*). a) Observación macroscópica de lesiones b) Observación de lesiones a nivel de todo el fruto.

**Fuente:** Polanco (2004).

## b) Morfología

Es un importante hongo cosmopolita. En la figura 7, se muestran cepas cultivadas con el patógeno en un medio de cultivo PDA, y posteriormente la misma cepa a los 10 días de crecimiento. Este organismo tiene la facultad de sobrevivir en material vegetativo vivo o en descomposición, cuyas esporas se diseminan con el viento, agua o vectores como los insectos que ingresan a la fruta a través de pequeñas heridas (Weir, 2012).



**Figura 7.** Cepas cultivadas de *Colletotrichum musae*. a) Formación de la colonia. b) Colonia 10 días después de crecimiento.

**Fuente:** Weir (2012).

### 2.3.4. Pudrición tipo ceniza de cigarro (*Verticillium theobromae*)

Cuando el agente causal ejerce su infección, la porción dañada del dedo del banano se seca pero no se cae, sino que tiende a mantenerse adherida a la fruta, mostrando un aspecto similar a la ceniza de un cigarro que se consume (Kader, 1992).

#### a) Sintomatología

En este tipo de daños en las puntas del dedo del banano, el tejido es seco y fibroso. Los colores de sus esporas son grises, parecidas al polvo (Figura 8). Internamente la pulpa puede experimentar una pudrición seca y momificarse, una podredumbre puede ocurrir cuando existe la presencia de organismos secundarios. Los síntomas se asemejan a la punta ceniza de un cigarro prendido (Dadzie & Orchard, 1997).

## b) Morfología

Este patógeno es favorecido por suelos con alto contenido de humedad y temperatura en un intervalo de 21 °C y 27 °C. Los tejidos afectados por el ataque de este patógeno por lo general están corrugados y cubiertos con conidios en polvo gris. Algunos estudios han demostrado y observado micelios que mantienen su viabilidad hasta por cuatro años. Cabe recalcar que los cultivos de *V. theobromae*, muestran diferentes zonas coloreadas en el micelio (Figura 8), cultivadas en medio de papa-dextrosa-agar o dependiendo del medio de cultivo que se utilice. (Agritech, 2015).



**Figura 8.** Colonia de *Verticillium theobromae* *in vitro*.

**Fuente:** Agritech (2015).

### 2.3.5. Pruebas de patogenicidad (Postulados de Koch)

Los postulados de Koch son denominadas evidencias científicas cuya base es la observación empírica del curso de una enfermedad y la participación de patógenos en la misma.

La capacidad que tienen ciertos organismos para incitar el desarrollo de una enfermedad se denomina patogenicidad, cuando se presentan lesiones a causa de una infección provocada por un organismo, generalmente existe el asocio de varios microorganismos vivos de los cuales no todos son patógenos. Para discriminar entre ellos se requiere de un procedimiento sencillo que es capaz de determinar de una forma clara y contundente la patogenicidad atribuible a un organismo viviente, dicho procedimiento se lo conoce como “postulados de Koch” (Coto, 1999).

- El organismo sospechoso de causar la enfermedad debe encontrarse asociado en una forma consistente a especímenes con la sintomatología de la posible enfermedad.
- El organismo debe aislarse en un medio puro para registrar sus características morfológicas.
- El organismo debe inocularse en plantas sanas de la misma especie donde se observó originalmente el problema y debe producir los mismos síntomas observados al iniciar el proceso.
- El organismo debe ser re-aislado a partir de la planta previamente inoculada en cultivo puro y sus características deben corresponder a las observadas en el segundo postulado.

## **2.4. Control del patógeno**

### **2.4.1. Agroquímicos**

#### **2.4.1.1. Copper**

Copper vital power es un producto Fito-fortificante con tecnología avanzada y un campo de amplio espectro. Su composición es a base de cobre que se complementa con carbohidratos y varios excipientes naturales antioxidantes, con el fin de ayudar a mejorar la absorción del cobre. Es un compuesto a base de una formulación natural que activa los mecanismos enzimáticos de la planta y contrarresta el ataque nocivo de algunos patógenos (Zoberbac, 2019).

#### **a) Beneficios**

- Promueve la protección ante organismos causantes de enfermedades como hongos y bacterias.
- Promueve la aireación y el proceso fotosintético para un buen desarrollo del cultivo con su gran aportación de cobre.

- Bajo nivel Fito-tóxico regulando la concentración activa del cobre que ingresó a la planta.
- Favorece la fotosíntesis siendo un inductor y aumentando la concentración de clorofila.
- Se lo considera como un tipo de manejo integrado en agricultura orgánica.

## b) Composición

La composición de Copper se encuentra descrita en la tabla 3.

**Tabla 3.** Composición del producto (Copper).

<b>Contenido</b>	<b>Cantidad</b>
Cobre (Cu) total	5 %
Cobre (Cu) soluble	5 %
Materia orgánica	20 %
Exento de cloruros	0.5 g/L

**Fuente:** Zoberbac (2019).

### 2.4.1.2. Cuprospor

Cuprospor es un promotor del sistema de autodefensa de la planta y fungicida de acción sistémico de amplio espectro. Funciona de modo preventivo y curativo de enfermedades causadas por patógenos como bacterias y hongos que afectan a los diferentes sistemas de la planta. Elaborado a base de sulfato de cobre pentahidratado, aporta moléculas que son transportadas de forma sistémica a la planta que esparciéndose internamente otorgan una protección ante un gran grupo de organismos que provocan enfermedades (Quimiser, 2020).

#### a) Beneficios

- Cuprospor afecta la viabilidad y contrarresta el ataque de agentes causantes de enfermedades.

- Actúa como un permeabilizante patogénico impidiendo la germinación de esporas.
- El aporte de cobre mejora la fotosíntesis debido a que es un componente de las enzimas y proteínas.
- tiene alta capacidad de translocación por el xilema lo que permite actuar sobre el sistema radicular y foliar de la planta.

## b) Composición

La composición de Cuprospor se encuentra descrita en la tabla 4.

**Tabla 4.** Composición del producto (Cuprospor).

<b>Formulación</b>	<b>Líquido soluble</b>
Olor	Característico
pH	2.8 - 4.8
Densidad	1.20 - 1.30
Solubilidad	altamente soluble en agua
Sulfato de cobre pentahidratado	270 g/L

**Fuente:** Quimiser (2020).

### 2.4.1.3. Primebact Plus

Primebact plus es un fungicida de origen químico, cuya principal función es reducir y prevenir el ataque de diferentes tipos de patógenos como son hongos y bacterias. Diferentes tipos de organismos son responsables de ocasionar diversos tipos de enfermedades, Primebact plus y su concentración de amonio cuaternario es la principal fórmula para combatir y contrarrestar el ataque de diferentes patógenos (Solinag, 2019).

#### a) Beneficios

Primebact plus es un fungicida que promueve la inhibición de un gran grupo de hongos afectando su viabilidad y contrarrestando el ataque de agentes causantes de enfermedades actuando de forma curativa y preventiva a favor de la planta.

## b) Composición

La composición de Primebact Plus se encuentra descrita en la tabla 5.

**Tabla 5.** Composición del producto (Primebact plus).

<b>Formulación:</b>	<b>Cantidad</b>
Sales de amonio	20.00 %
Calcantita	25.00 %
Aminoácidos y coadyuvantes	5.00 %
Diluyente acuoso, CSP 1000 ml	1000 ml

**Fuente:** Solinag (2019).

### 2.4.1.4. Timorex Gold

Este producto es un fungicida natural de origen biológico meso-sistémico, elaborado a base de aceite de árbol de té (*Melaleuca alternifolia*), tiene un tipo de acción preventiva, curativa y anti-esporulante provocando inhibición del desarrollo micelial y posterior germinación de esporas. Timorex Gold es un fungicida de amplio espectro de acción, principalmente usado para el control preventivo y curativo de enfermedades (Syngenta, 2020).

#### a) Beneficios

- Compatible con organismos benéficos y polinizadores.
- Producto multi-sitio, no genera resistencia.
- Prolongado efecto residual.

### 2.4.1.5. Progranic Mega

Progranic mega es un fungicida y bactericida botánico orgánico, elaborado a base de extracto de Gobernadora (*Larrea tridentata*), dicho producto está compuesto por ácidos

orgánicos y resinas que hacen de este una acción anti fúngica, insecticida y repelente. Este producto permite la inhibición del crecimiento micelial y germinación de esporas de algunos hongos fitopatógenos.

#### **a) Beneficios**

Su compuesto de ácidos reacciona químicamente con los sistemas sensitivos de la pared celular de la bacteria e inhibe el desarrollo del cuerpo fructífero de los hongos volviéndolos inactivos. Corrige el ataque de enfermedades ocasionadas por hongos, ocasionando una actividad fungistática. Previene y corrige el ataque provocado por bacterias siendo un bactericida y otorgando un control eficaz antes diversos grupos de patógenos (Ultraquimia, 2019).

#### **b) Composición**

La composición de Progranic Mega se encuentra descrita en la tabla 6.

**Tabla 6.** Composición del producto (Progranic mega).

<b>Formulación</b>	<b>Contenido (%)</b>
Extractos botánicos	10.00
Aminoácidos	20.00
Potasio (K <sub>2</sub> O)	17.50
Azufre (S)	14.00
Nitrógeno (N)	7.00
Diluyente	31.50

**Fuente:** Ultraquimia (2019).

**CAPÍTULO III.**  
**MEDOTOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Localización de la Investigación**

La presente investigación se realizó en los laboratorios de microbiología, tejidos y biología molecular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en conjunto con la empresa Reybanpac, específicamente en la hacienda María Cristina. Esta hacienda está conformada por 33 lotes y un área total de 204.49 ha cultivadas en su totalidad con la variedad Cavendish, se encuentra ubicada en la vía Quevedo – Valencia zona San Camilo Km 11 vía Cañalito, provincia de Los Ríos, a una altitud promedio de 75 msnm y posicionada geográficamente en las coordenadas 01° 05' 24" latitud sur y 79° 28' 06" longitud occidental. La temperatura media anual del lugar de estudio es de 25 °C, la precipitación anual acumulada 2 223 mm, la humedad relativa 85 % y la heliofania 898 horas sol (INAMHI, 2017).

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo experimental, con la implementación de trabajo en laboratorio para determinar la eficacia de productos ante la presencia del patógeno en diferentes dosis y pruebas de patogenicidad que permitieron la identificación del tipo de agente causal generador de daños en la fruta.

### **3.3. Método de investigación**

Para esta investigación se emplearon métodos inductivos, deductivos y de observación. La recopilación de la información fue directa, mediante la medición y observación de distintas variables, partiendo de los diferentes resultados de cada tratamiento de acuerdo a la reacción del agente causal

### **3.4. Fuente de recopilación de información**

Las fuentes utilizadas en esta investigación fueron primarias, mediante la observación directa de la respuesta del patógeno y mediciones de variables evaluadas, así como también de tipo secundarias para constatar y asegurar la obtención de información veraz, esto fue obtenido de diversas fuentes como libros, revistas, boletines divulgativos, tesis, artículos científicos, etc.

### 3.5. Material vegetal

El material vegetal fue recolectado de la hacienda María Cristina propiedad de la empresa Reybanpac, la obtención de las muestras se realizó mediante muestreo de diferentes racimos llegados a la empacadora observando el grado de afectación de la fruta, para luego ser trasladados a los laboratorios de investigación de la UTEQ.

### 3.6. Diseño de investigación y análisis estadístico

Para la investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), se evaluaron 16 tratamientos incluyendo al testigo en tres repeticiones (Tabla 7). Todas las variables en estudio se sometieron a análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para determinar la diferencia estadística y comparación de medias, respectivamente. El análisis de los datos se lo realizó mediante el software estadístico Infostat (2019).

**Tabla 7.** Esquema del ADEVA usado en el presente ensayo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Repeticiones	2
Tratamientos	15
Error experimental	30
Total	47

Elaborado por: autor

### 3.7. Instrumento de la investigación

Para esta investigación se estudiaron dos factores.

#### **a). Agroquímicos**

A1: COPPER

A2: CUPROSPOR

A3: PRIMEBACT PLUS

A4: TIMOREX GOLD

A5: PROGRANIC MEGA

## **b). Concentraciones**

C1: BAJA

C2: MEDIA

C3: ALTA

### **3.7.1. Tratamientos**

Para el desarrollo de la investigación se evaluaron 16 tratamientos correspondientes a la aplicación de cinco agroquímicos diferentes en tres concentraciones distintas, a su vez, también se evaluó un control en el cual no se aplicó ningún tipo de producto. Los tratamientos evaluados se detallan a continuación en la tabla 8.

**Tabla 8.** Tratamientos aplicados en la investigación.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>CONCENTRACIONES</b>
<b>T1</b>	COOPER	BAJA
<b>T2</b>	COOPER	MEDIA
<b>T3</b>	COOPER	ALTA
<b>T4</b>	CUPROSPOR	BAJA
<b>T5</b>	CUPROSPOR	MEDIA
<b>T6</b>	CUPROSPOR	ALTA
<b>T7</b>	PRIMEBACT PLUS	BAJA
<b>T8</b>	PRIMEBACT PLUS	MEDIA
<b>T9</b>	PRIMEBACT PLUS	ALTA
<b>T10</b>	TIMOREX GOLD	BAJA
<b>T11</b>	TIMOREX GOLD	MEDIA
<b>T12</b>	TIMOREX GOLD	ALTA
<b>T13</b>	PROGRANIC MEGA	BAJA
<b>T14</b>	PROGRANIC MEGA	MEDIA
<b>T15</b>	PROGRANIC MEGA	ALTA
<b>T16</b>	<b>CONTROL</b>	<b>SIN PRODUCTO</b>

Elaborado por: autor

## **3.8. Manejo del experimento**

### **3.8.1. Recolección de muestras**

Se tomaron dedos de bananos que presentaron una sintomatología de pudrición del dedo y un grado de afectación medio. Las muestras se guardaron en bolsas de papel para que la humedad del material vegetal sea absorbido, se colocaron en recipientes herméticos y se procedió a codificar cada recipiente para luego ser trasladados al laboratorio y proceder con las pruebas de identificación.

### **3.8.2. Aislamiento y purificación**

Una vez obtenidas las muestras se procedió con el lavado del material vegetal sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio al 10 % durante un minuto para lograr la desinfección externa del dedo, luego se continuó con el enjuague en agua destilada, sumergiendo la muestra por tres ocasiones para remover cualquier tipo de residuo y al final se las asperjo con alcohol al 50 %, luego se colocaron dentro de la cabina de flujo laminar para su respectivo secado y se procedió con la siembra en un medio de PDA (papa dextrosa agar), tomando pequeños trozos del dedo infectado de aproximadamente 0.5 cm de diámetro para su posterior sellado y almacenamiento en la incubadora a 28 °C (Anexo 1 y 2).

### **3.8.3. Incubación y almacenamiento del patógeno**

La incubación del material sembrado en medio de cultivo PDA se realizó por el lapso de dos semanas, luego se retiraron las cajas Petri de la incubadora para la posterior observación y revisión de las mismas, una vez obtenido el patógeno se procedió a la preservación en tubos inclinados (Anexo 3), guiándose en la metodología descrita por Ayala *et al.* (2017).

El método consistió en colocar un trozo de la colonia ya purificada del patógeno y pasarla a un tubo inclinado, mediante esta replicación se obtienen más colonias puras y de esta forma el patógeno perdurará por más tiempo ya que manteniendo el medio de cultivo inclinado y tapado permite que el medio se conserve fresco y libre de contaminantes.

### **3.8.4. Pruebas de patogenicidad**

Las pruebas de patogenicidad o también llamados “postulados de Koch” permiten identificar al organismo, mediante la aplicación de la metodología descrita por Masudi & Bonjar (2012).

Se realizaron las inoculaciones siguiendo los siguientes pasos (Anexo 4):

- Se tomaron dedos de banano completamente sanos sin ningún tipo de afectación completamente asépticos y esterilizados.
- Se hicieron dos heridas en cada extremo del fruto, una sobre la cáscara y la segunda en contacto directo con la pulpa.
- Se tomaron discos de agar fúngicos previamente aislados de 0.7 cm de diámetro para colocarlos sobre las heridas. El proceso continuó con el almacenamiento en cámaras húmedas para brindar al patógeno las condiciones necesarias y lograr su infectividad.
- Las cámaras húmedas se almacenaron a temperatura ambiente durante el periodo que duró la infectividad.

### **3.8.5. Características morfométricas del agente causal**

Una vez aplicados los postulados de Koch se procedió a la valoración morfométrica del patógeno, en donde se hicieron comparaciones sobre las características que presentó el organismo previamente aislado e inoculado, para aquella valoración se tomó como referencia la metodología citada por Retana (2018), en donde se analizaron los siguientes parámetros:

- Tasa de crecimiento diario.
- Color de la colonia y cambios que pueden ocurrir con el pasar de los días.

- Textura superficial.
- Olor en el caso de existir
- Características de las hifas y estructuras de fructificación midiendo el diámetro aproximado.
- Color y forma de los órganos de fructificación.

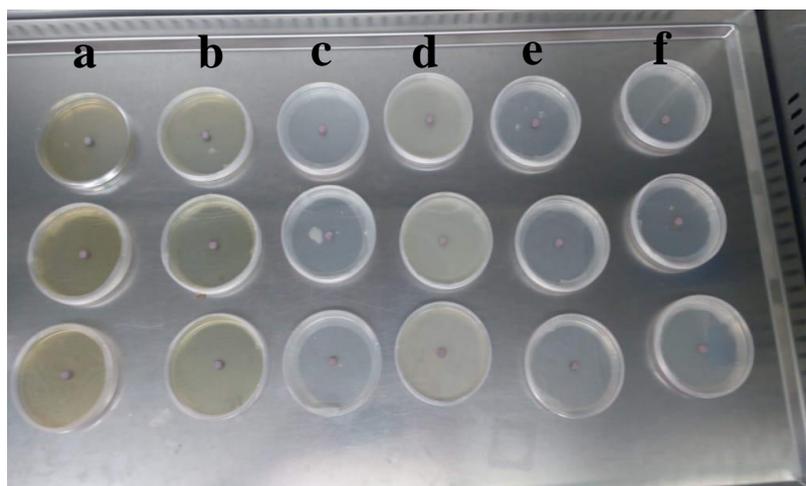
### **3.8.6. Claves para caracterización morfológica del patógeno**

La caracterización morfológica se la realizó para determinar el género del agente causal, para esto nos ayudamos con los resultados de los postulados de Koch. Luego de observar la colonia del patógeno se tomó en cuenta sus características, mediante el empleo de las claves de identificación descritas por Sempere & Garcia (2004) y la observación de estructuras reproductivas en el microscopio con el uso de las claves descritas por Navi *et al.*, (1999).

### **3.8.7. Pruebas *in vitro* de los agroquímicos frente al patógeno**

La acción de cada uno de los fungicidas se evaluó por la técnica del medio envenenado, la cual consiste en añadir los productos en sus diferentes dosis en frascos Schott, cuyo contenido fue de una solución de medio de cultivo PDA (papa dextrosa Agar) a punto de plaqueo (50 °C). Se mezcló homogéneamente y por cada dosis se trabajó con tres repeticiones. Una vez mezclado el producto con el medio se procedió a realizar el plaqueo en las cajas Petri de 90 mm de diámetro, se dejaron gelificar por un lapso de 15 minutos y luego con un sacabocado se tomó un disco de agar fúngico de 0.7 cm de diámetro. Los discos se colocaron en el centro de la caja, posteriormente se cerró con parafilm y se almacenó dentro de una incubadora (INCO108MED) a una temperatura de 28 °C durante 18 días.

Para el tratamiento Testigo se usó un medio de cultivo PDA puro sin ningún producto de los otros tratamientos, y se procedió a realizar el mismo trabajo detallado anteriormente con los demás tratamientos (Figura 9).



**Figura 9.** Siembra *in vitro* de los productos. a) Cooper; b) Cuprospor; c) Primebact Plus; d) Timorex Gold; e) Progranic Mega; f) Testigo.

Los datos del crecimiento fueron tomados diariamente con la ayuda de un calibrador de vernier para determinar el crecimiento del patógeno de cada tratamiento en comparación al testigo.

### 3.8.7.1. Dosis usadas en estudio

A continuación, se muestran los valores de las dosis aplicadas a cada uno de los tratamientos estudiados por cada 100 ml de medio de cultivo preparado previo a los ensayos *in vitro* (Tabla 9).

**Tabla 8.** Agroquímicos y dosis usadas para el control del patógeno a nivel *in vitro*.

Agroquímicos	Dosis (ml/100 ml PDA)		
	Baja	Media	Alta
Copper	1.0	1.25	1.50
Cuprospor	0.50	0.62	0.75
Primebact Plus	0.10	0.17	0.25
Timorex Gold	0.50	0.75	1.0
Progranic Mega	0.50	0.75	1.0

Elaborado por: autor

### 3.8.8. Variables registradas

#### 3.8.8.1. Porcentajes de inhibición

El efecto inhibitorio de cada uno de los productos usados en el estudio se determinó calculando el porcentaje de inhibición de cada tratamiento en sus diferentes concentraciones de acuerdo a la comparación con el testigo. El dato se registró usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{crecimiento del testigo} - \text{crecimiento del tratamiento}}{\text{crecimiento del testigo}} * 100$$

**Dónde:**

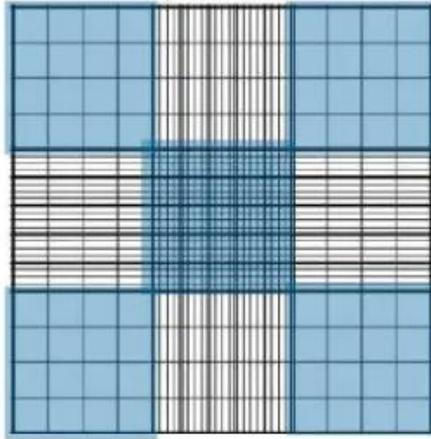
**Crecimiento del testigo:** valor que logró crecer el patógeno a nivel *in vitro* hasta llegar al día 18.

**Crecimiento del tratamiento:** valor que alcanzo a crecer el patógeno *in vitro* con el fungicida hasta el día 18.

**100:** valor constante.

#### 3.8.8.2. Números de esporas por cada unidad experimental

Transcurrido 18 días, que es el lapso que tarda el patógeno en cubrir por completo la caja Petri, se procedió a realizar el conteo de esporas de cada unidad experimental mediante el uso del hemocitómetro o también conocida como cámara de Neubauer. Para realizar el conteo de esporas primero se tomaron 10 ml de agua estéril y fueron colocados dentro de cada caja Petri, se mezcló haciendo un barrido con el uso de un asa de Digralsky hasta crear una solución y se le agregó 20 µL de azul de tripán (compuesto empleado para teñir células vivas). Luego se filtró dicha solución con una gasa quirúrgica para después ser vertida en un tubo Eppendorf y ser colocado en el vortex para desprender las esporas. Por último, se tomaron 20 µL de la solución y se colocó en la cámara de Neubauer contabilizando las esporas de los cuadrantes resaltados en azul (Figura 10). Cabe mencionar que la fórmula aplicada en este estudio tiene un margen de error aproximado del 30 % debido al pipeteo, razón por la cual el conteo se realizó tomando tres datos por cada unidad experimental, reduciendo así el error.



**Figura 10.** Cámara de Neubauer.

**Fuente:** Bastidas (2018).

Para calcular el número de esporas por unidad experimental se utilizó un hemocitómetro (cámara de Neubauer) permitiendo calcular el número aproximado de esporas por caja con la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{número de células} \times 10,000}{\text{número de cuadros}}$$

### 3.9. Materiales y equipos

#### 3.9.1. Material del laboratorio

- Puntas amarillas 2-200  $\mu\text{L}$ . Pk/1000
- Puntas azules 1000  $\mu\text{L}$ . Pk/1000
- Microtubos 1.5 ml. Pk/1000
- Papel toalla
- Papel aluminio
- papel parafilm
- Kit de disección
- Cajas Petri
- Frascos Schott 250-500 ml
- Guantes quirúrgicos

### **3.9.2. Material de oficina**

- Computador
- Cuaderno
- Lapiceros
- USB pendrive

### **3.9.3. Equipo de laboratorio**

- Balanza 0.001 g
- Campana extractora de gases
- Cabina de flujo laminar
- Nevera de -20 °C
- Horno microondas
- Estufa
- Autoclave
- Agitador
- Microscopio
- Hemocitómetro
- Incubadora de CO<sub>2</sub>
- Vortex

### **3.9.4. Reactivos**

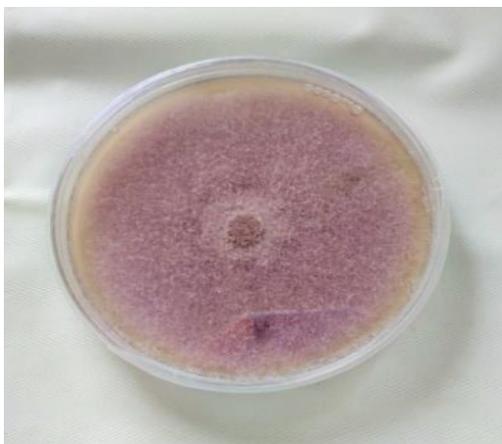
- PDA (papa dextrosa agar)
- Alcohol
- Agua ultra pura
- Azul de tripán
- Extracto de malta

CAPÍTULO IV.  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Aislamiento y preservación del patógeno

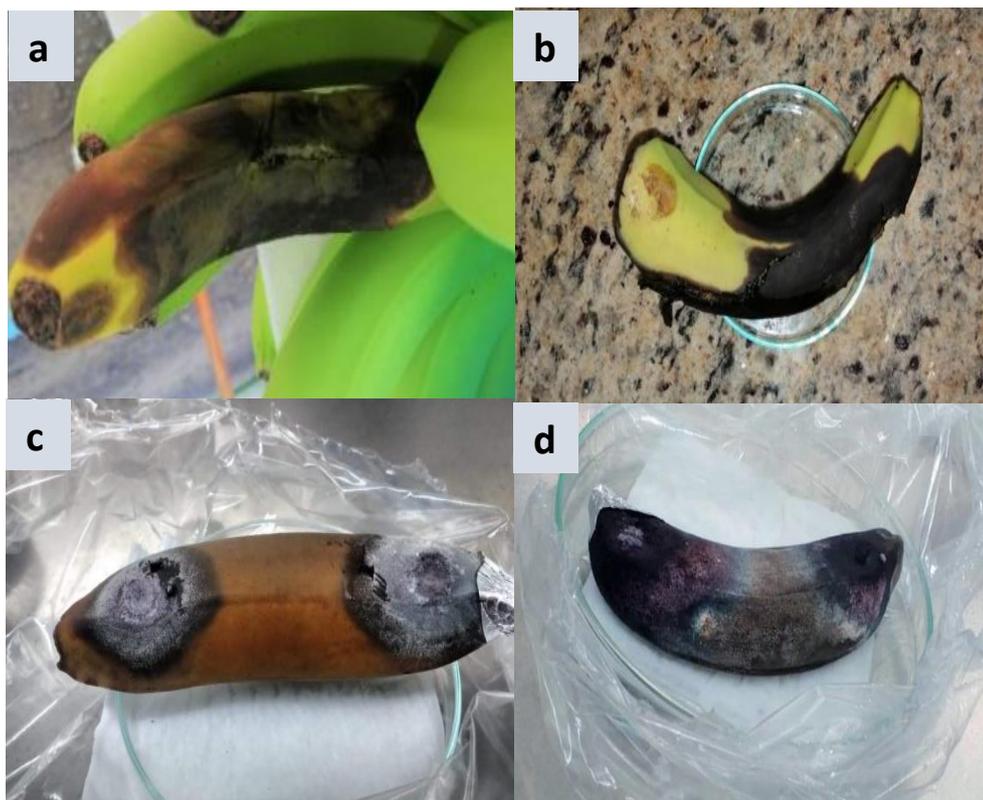
El material vegetal muestreado con síntomas de pudrición de la fruta se incubó en cajas Petri con un medio de cultivo PDA, en donde se pudo observar cepas de color púrpura, con una textura algodonosa aérea de crecimiento micelial medio y un rango de crecimiento de 7-9 mm a las 96 horas después de la siembra, todas estas variables fueron registradas y luego observadas en el microscopio óptico para proceder con la valoración morfométrica (Figura 11).



**Figura 11.** Colonia del hongo purificada a los 18 días de la siembra.

### 4.1.2. Pruebas de patogenicidad

Mediante los resultados de las pruebas de patogenicidad, se pudo constatar que los aislamientos previamente inoculados con el patógeno aislado en nuestra investigación, logró generar síntomas de necrosamiento y un desarrollo micelial en las heridas y en la zona adyacente a la misma donde se inocularon los dedos. Posteriormente también se observó el desarrollo del dedo a los 8 días de su inoculación (Figura 12c), mostrando como primer resultado un desarrollo avanzado de micelio de color purpura, tal y como se observó en las muestras extraídas de campo (Figura 12a). Luego de haber transcurrido 20 días se pudo observar al dedo de banano (Figura 12d) completamente afectado, necrosado y cubierto con micelio, cuyo resultado es semejante a un dedo de banano completamente afectado en la post-cosecha (Figura 12b).

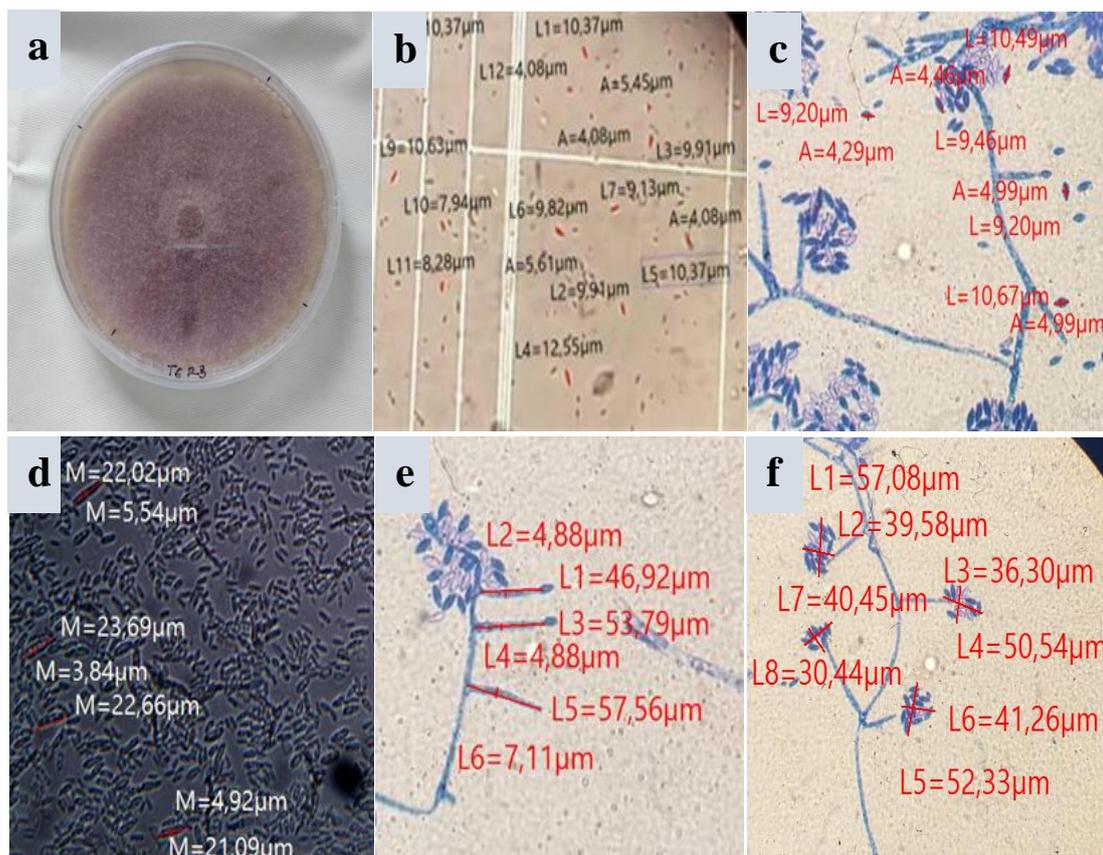


**Figura 12.** Síntomas expresados por el patógeno, a) síntomas encontrados en campo. b) fruto con síntomas de pudrición necrótica sin presencia de micelio. c) fruto inoculado con síntomas similares a los recolectados en la post-cosecha. d) infección completa del patógeno.

#### 4.1.3. Medición de estructuras del patógeno

En los montajes realizados durante la investigación se observaron diferentes formas microscópicas bajo el lente de 40X – 100X, donde se pudo verificar la presencia de diferentes estructuras fúngicas del patógeno, dichos montajes dieron con la presencia de microconidios unicelulares en forma de pie elípticos no septados de  $7.94 - 12.55 \times 3 - 5 \mu\text{m}$  (Figura 13).

Las hifas presentadas por el patógeno fueron de tipo hialinas y septadas, además de macroconidios hialinos con una forma basal alargada mediana de 3 - 5 septos, con una longitud de  $21.09 - 34.6 \times 4.9 - 5.5 \mu\text{m}$ . También se observaron fialides ramificadas de longitud mediana de  $46.92 - 57.56 \times 4.88 - 7.11$ , con microconidios hialinos agrupados formando falsas cabezas producidos en el extremo de las fialides. No se observó la presencia de clamidosporas y además hubo poca generación de macroconidios, la cepa observada tuvo alrededor de 18 días de desarrollo.



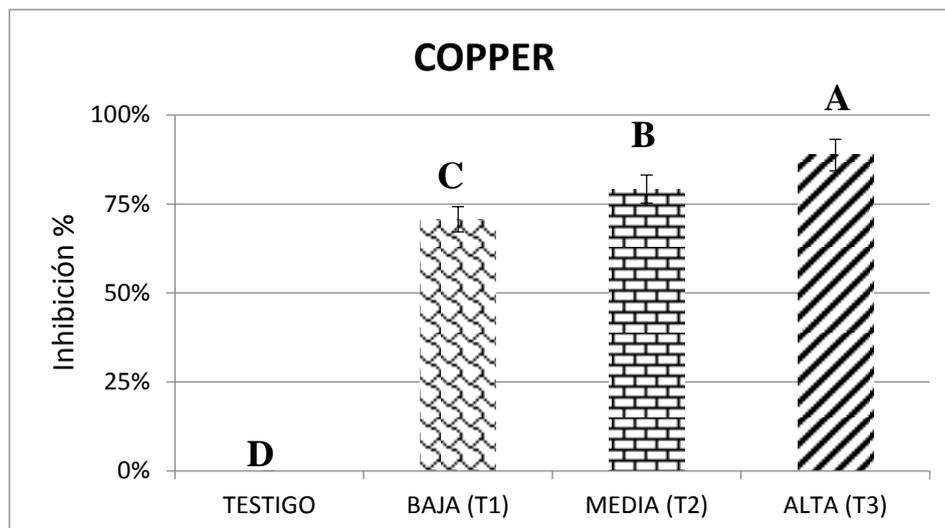
**Figura 13.** Estructuras del patógeno a) micelio del hongo a los 18 días, b y c) microconidios observadas con un lente de 40 y 100X, d) macroconidios, e) fialides, f) microconidios agrupadas formando falsas cabezas.

#### 4.1.4. Porcentaje de inhibición del patógeno

Los promedios presentados a continuación fueron calculados de acuerdo al día 18 de evaluación en donde el testigo alcanzó su valor máximo cubriendo toda la caja Petri. A continuación, se muestran los datos del porcentaje de inhibición de cada producto en sus diferentes concentraciones:

##### 4.1.4.1. Copper

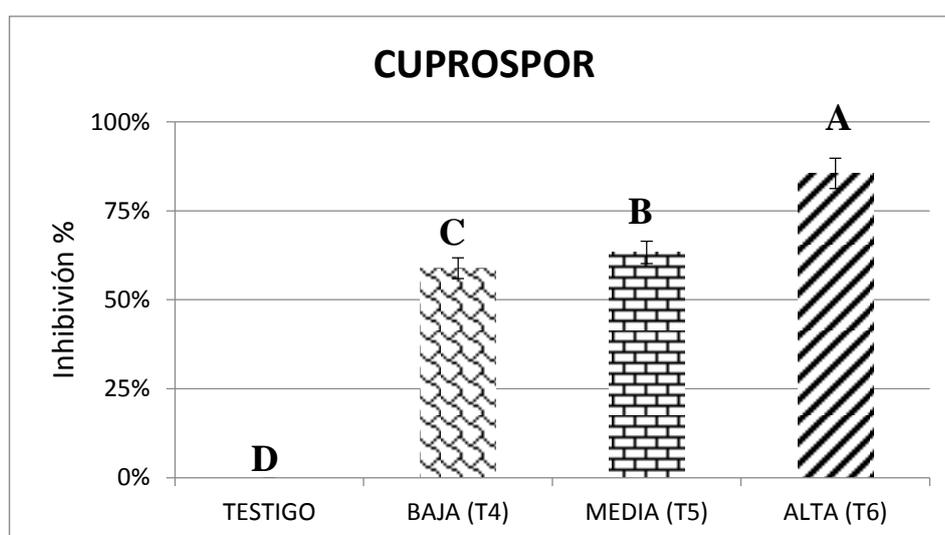
Los ensayos de inhibición respecto al crecimiento micelial del hongo bajo la aplicación de los fungicidas, determinaron que el tratamiento Copper en concentración alta (T3) provocó una mayor inhibición con un promedio inhibitorio del 88.8 %, siendo superior estadísticamente a los tratamientos Copper en concentración baja y Copper en concentración media (T1 y T2) quienes alcanzaron promedios de 70.7 % y 79.2 %, respectivamente (Figura 14).



**Figura 14.** Inhibición al crecimiento micelial por Copper, evaluado en diferentes concentraciones. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

#### 4.1.4.2. Cuprospor

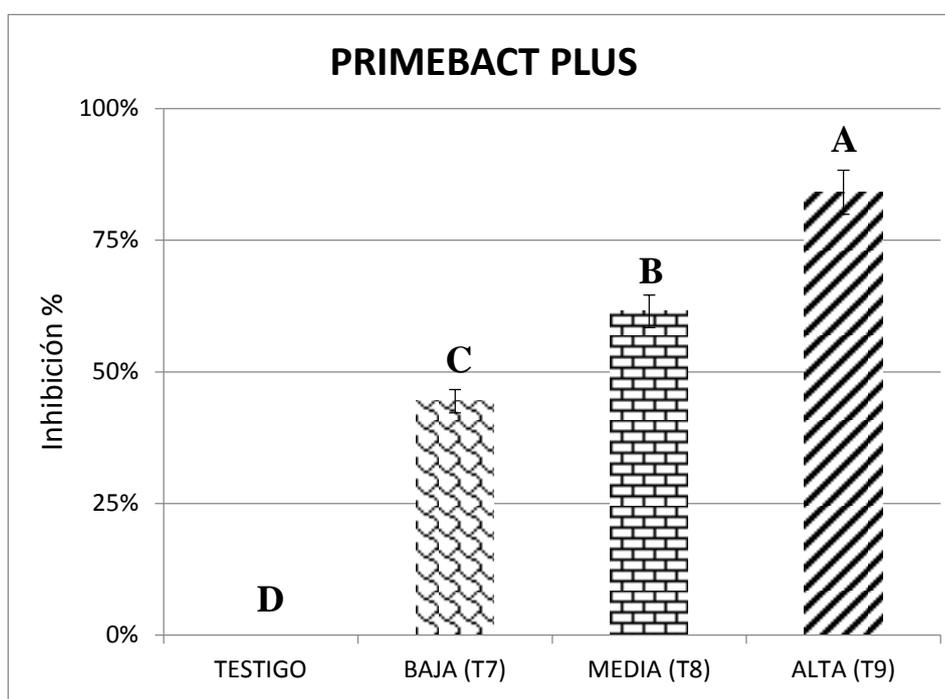
Los ensayos de inhibición respecto al crecimiento micelial del hongo bajo la aplicación de los fungicidas, determinaron que el tratamiento Cuprospor en concentración alta (T6) provocó una mayor inhibición con un promedio inhibitorio del 85.5 % siendo superior estadísticamente a los tratamientos Cuprospor en concentración baja y Cuprospor en concentración media (T4 y T5) quienes alcanzaron promedios de 58.8 % y 63.3 %, respectivamente (Figura 15).



**Figura 15.** Inhibición al crecimiento micelial por Cuprospor, evaluado en diferentes concentraciones. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

#### 4.1.4.3. Primebact Plus

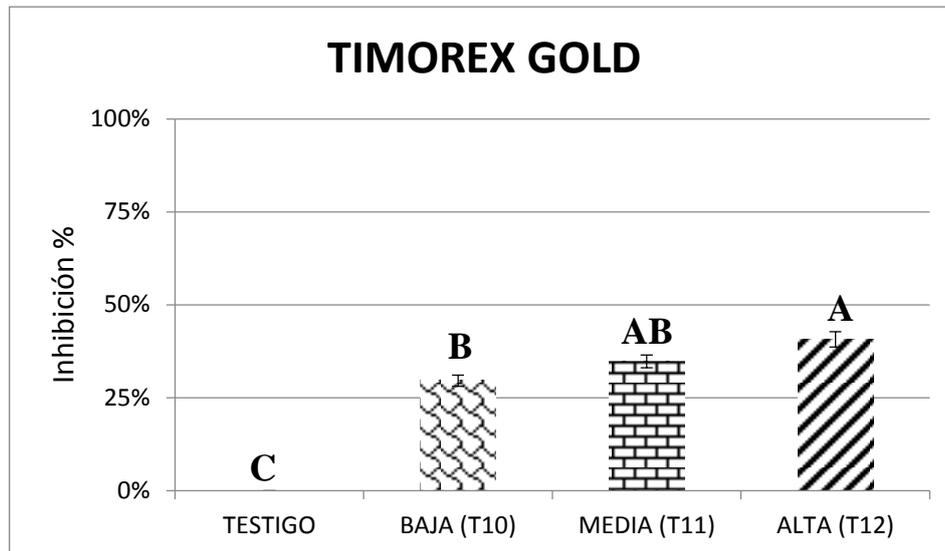
Los ensayos de inhibición respecto al crecimiento micelial del hongo bajo la aplicación de los fungicidas, determinaron que el tratamiento Primebact Plus en concentración alta (T9) provocó una mayor inhibición con un promedio inhibitorio del 84.1 % siendo superior estadísticamente a Primebact Plus en concentración baja y Primebact Plus en concentración media (T7 y T8) quienes alcanzaron promedios de 44.4 % y 61.4 %, respectivamente (Figura 16).



**Figura 16.** Inhibición al crecimiento micelial por Primebact Plus, evaluado en diferentes concentraciones. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

#### 4.1.4.4. Timorex Gold

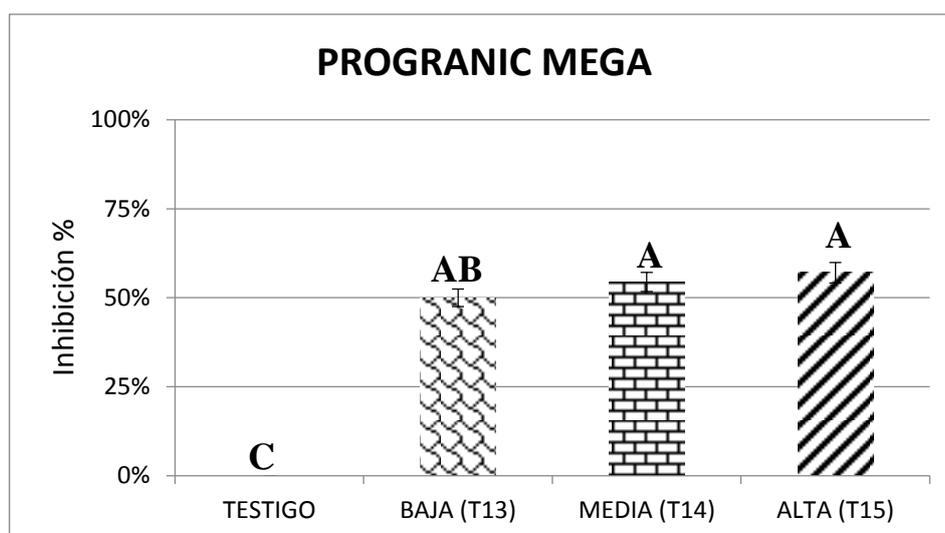
Los ensayos de inhibición respecto al crecimiento micelial del hongo bajo la aplicación de los fungicidas, determinaron que el tratamiento Timorex Gold en concentración alta (T12) provocó una mayor inhibición con un promedio inhibitorio del 40.7 % siendo superior estadísticamente a los tratamientos Timorex Gold en concentración baja y Timorex Gold en concentración media (T10 y T11) quienes alcanzaron promedios de 34.8 % y 29.6 %, respectivamente (Figura 17).



**Figura 17.** Inhibición al crecimiento micelial por Timorex Gold, evaluado en diferentes concentraciones. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

#### 4.1.4.5. Progranic Mega

Los ensayos de inhibición respecto al crecimiento micelial del hongo bajo la aplicación de los fungicidas, determinaron que el tratamiento Progranic Mega en concentración media (T14) y Progranic en concentración alta (T15) provocaron mayor inhibición con promedios del 54.4 % (T14) y 57.0 % (T15), mostrando igualdad estadística y siendo superior al tratamiento Progranic en concentración baja (T13), quien alcanzó un promedio de 50.0 % (Figura 18).



**Figura 18.** Inhibición al crecimiento micelial por Progranic Mega, evaluado en diferentes concentraciones. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

## **4.2. Efecto de la aplicación de los productos *in vitro***

Una vez determinados los resultados del crecimiento del patógeno evaluado durante los 18 días de incubación expresado en mm, se procedió a determinar el porcentaje de inhibición de cada producto correspondiente a la comparación de crecimiento del tratamiento con el testigo en los respectivos ensayos *in vitro* para lograr determinar su eficacia y analizar el efecto de aplicación.

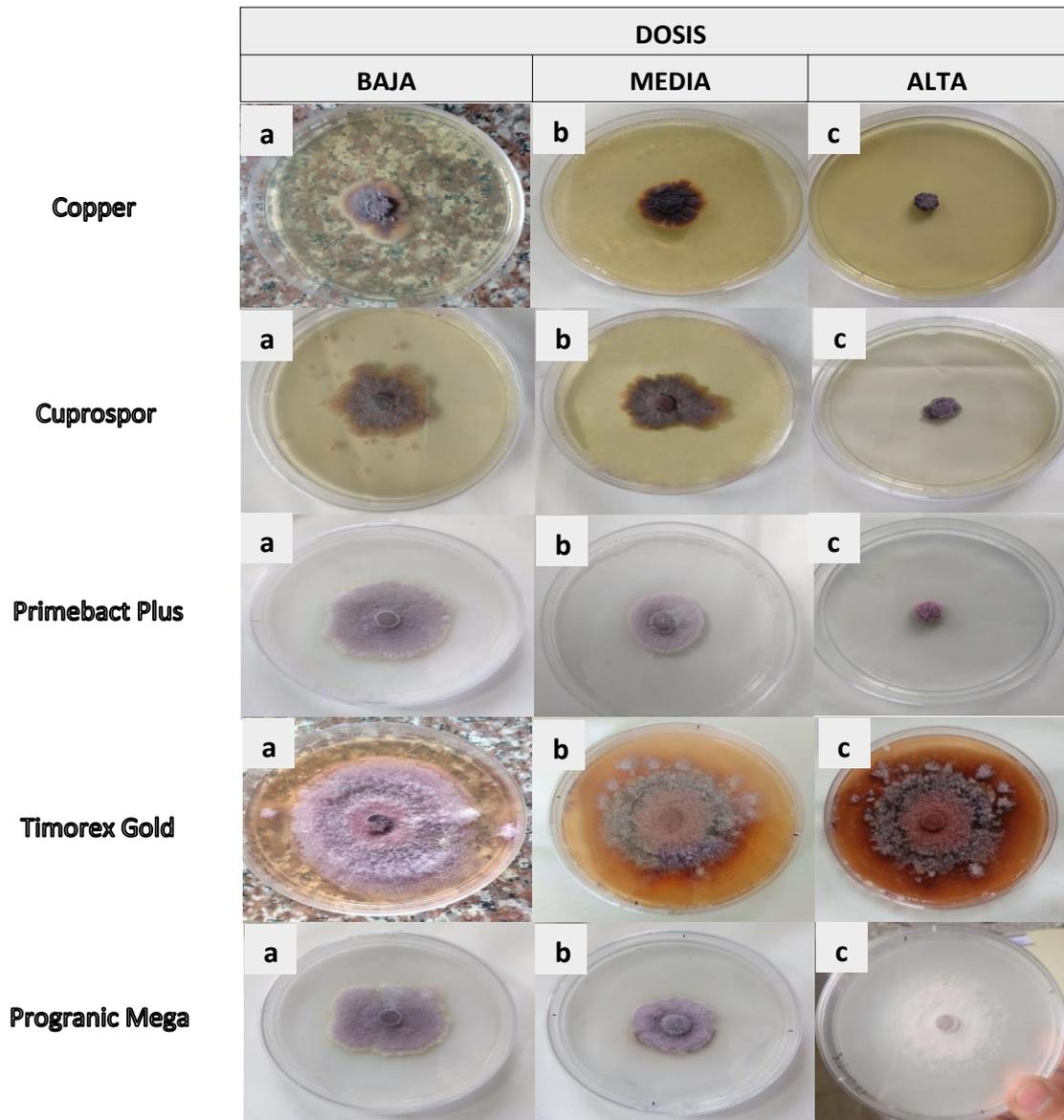
A continuación, se describe la reacción del patógeno frente a la aplicación de los productos y la representación gráfica del mismo efecto (Figura 19).

El efecto inhibitorio de los productos Copper y Cuprospor arrojaron resultados similares en sus tres concentraciones, esto se debe a que ambos productos son formulados a base de cobre lo cual provocó una quemazón de la colonia siendo la concentración alta la más reprimida.

El tratamiento Primebact Plus provocó un porcentaje de inhibición medio, donde el mayor crecimiento micelial se dio en la concentración baja, disminuyendo su crecimiento a medida que aumentaba la concentración, a su vez, se observó la presencia de un halo blanco en los bordes del micelio, considerando que entró en estrés por la aplicación del producto.

Timorex Gold presentó el mayor crecimiento radial de todos los productos probados en el estudio, su desarrollo fue mayor en la concentración baja, pero el efecto de crecimiento fue menor y casi igual en la concentración media y concentración alta, provocando un ligero estrés generando un crecimiento no muy uniforme en los bordes del micelio atribuido al efecto del producto.

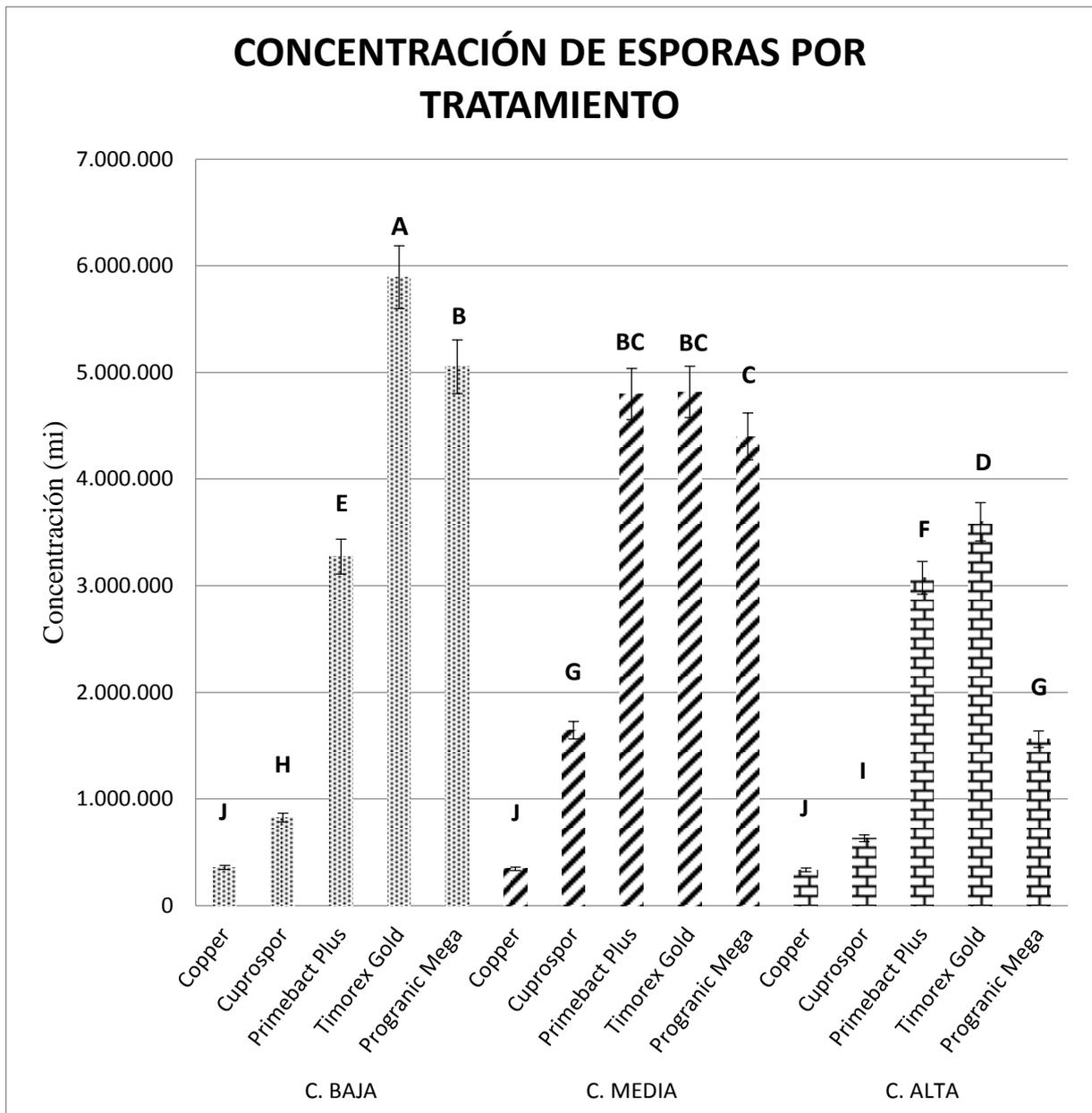
El producto Progranic Mega tuvo un efecto inhibitorio medio, donde la colonia del hongo produjo un halo blanco en el borde del micelio de la concentración baja, mientras que en la concentración media se observó la ausencia del mismo, a su vez, en la concentración alta se pudo apreciar un micelio de color blanco atribuyéndose al efecto del producto en donde su crecimiento fue parecido a la concentración media ya que no hubo aumento en el tamaño del mismo.



**Figura 19.** Ilustración inhibición de crecimiento micelial por agroquímicos en el patógeno, reducción de crecimiento, alteración y deformación del micelio.

#### 4.2.1.1. Producción de esporas de los diferentes productos en su concentración baja

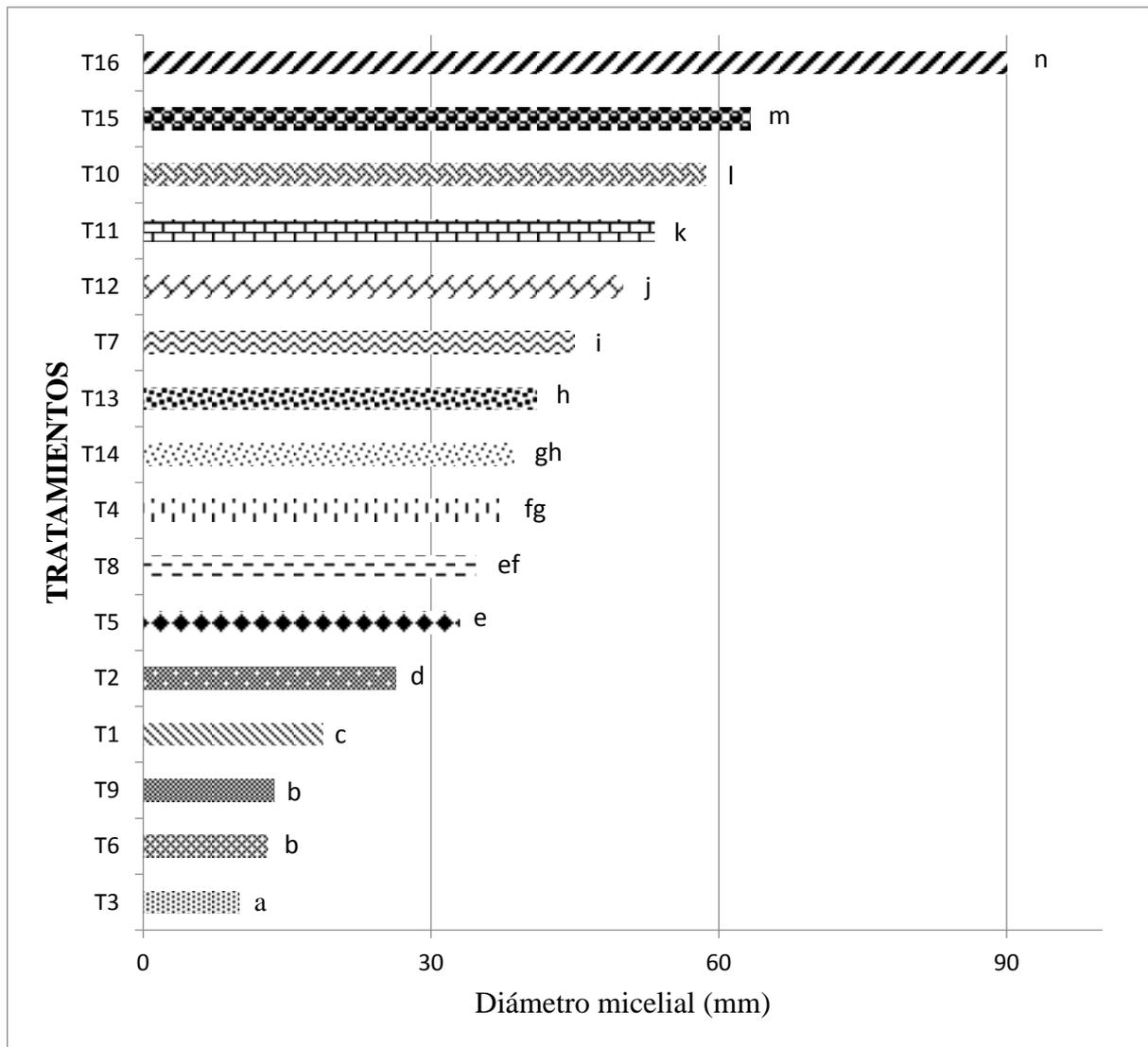
Los resultados del porcentaje de inhibición permitió proceder a la siguiente fase de la investigación, la cual constó en determinar el número total de esporas producidas en cada unidad experimental, en esta fase se pudo determinar que el producto Copper en sus tres concentraciones (baja, media y alta) alcanzaron igualdad estadística con promedios que fluctúan entre 335 111 y 358 000 esporas, seguido por Cuprospor con promedios de 630 222 y 825 000 esporas, siendo superiores a los demás productos (Primebact Plus, Timorex Gold y Progranic Mega), quienes presentaron la mayor cantidad de esporas en sus concentraciones (Figura 20).



**Figura 20.** Concentración de esporas de los diferentes tratamientos sometidos a estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las barras representan desviación estándar.

#### 4.2.1.2. Interacción de los tratamientos en sus concentraciones

La aplicación del producto Copper en concentración alta (T3) provocó el menor crecimiento radial del hongo con un promedio de 10 mm, seguido por Cuprospor en concentración alta (T6) con un promedio de 13 mm y Primebact plus también en su concentración alta (T9) con 13,67 mm de crecimiento radial en sus respectivas cajas petri, estos tratamientos presentaron diferencia estadística superando a los demás, quienes alcanzaron promedios numéricos mayores de crecimiento (Figura 21).



**Figura 21.** Interacción de los tratamientos en sus diferentes concentraciones, mostrando los efectos inhibitorios transcurridos los 18 días de la siembra *in vitro* del crecimiento micelial. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cada tratamiento realizada la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

### 4.3. Discusión

La identificación de agentes causales de enfermedades se realiza en base a caracteres morfológicos que presenta cada patógeno respaldándose con los postulados de Koch, estos son procesos que conllevan a la identificación de enfermedades de una manera más efectiva, práctica y de alta confiabilidad para tener en cuenta el tipo de organismo causante de daños.

Una vez aislado el agente patógeno se realizó la conservación de las colonias en un medio de cultivo adecuado y que presentó las condiciones necesarias para su desarrollo (PDA). Los caracteres morfométricos presentados por nuestros aislados fúngicos se sometieron a la comparación y medición de estructuras relacionadas con diferentes estudios realizados por diferentes autores y claves taxonómicas como las mencionadas por Garret (1970) y Romberg (2016).

El crecimiento del hongo fue de 7-9 mm al cuarto día, coincidiendo con lo mencionado por Sempere & Garcia (2004), donde indica que es en estos días donde el hongo alcanza un mayor diámetro de crecimiento.

Sus microconidios de forma oval elíptica de 7.94 - 12.55 x 3 - 5  $\mu\text{m}$  fue semejante a lo mencionado por Robles *et al.* (2016) y López (2008), en donde los resultados de las mediciones de las estructuras fueron similares observando macroconidios hialinos con una forma basal alargada mediana de 3-5 septos con longitud de 21.09 - 34.6 x 4.9 - 5.5  $\mu\text{m}$ , fialides ramificadas de longitud mediana 46.92 - 57.56 x 4.88 - 7.11  $\mu\text{m}$  y microconidios hialinos formando falsas cabezas producidos en el extremo de las fialides cuyas mediciones son similares a las descritas en el estudio de Cunha *et al.* (2015).

En una investigación realizada por Ancota *et al.* (2013), se estudiaron los síntomas de frutos de banano, cuyo resultado dio con el aislamiento de 10 diferentes tipos de hongos fitopatógenos, la descripción de uno de ellos fue semejante a los síntomas observados en campo y posteriormente inoculados en frutos de la presente investigación. Las características morfométricas de nuestro trabajo coincidió con uno de los patógenos encontrados en aquel estudio, presentando las mismas características y cuyas atribuciones recayeron sobre el género *Fusarium*.

La escasa formación de macroconidios que se dio en nuestro estudio, concuerda con lo citado por Ram *et al.* (2020), donde se menciona que este género tiene poca producción de macroconidios y rara presencia de clamidosporas, no obstante Nelson *et al.* (2006) afirma que hay un grupo de patógenos causantes de síntomas de necrosamiento del pedúnculo del dedo y la parte adyacente del mismo, específicamente en la cáscara del dedo de banano entre los cuales también consta *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Verticilium*. Otros autores como Hurtado, (2016) mencionan que aproximadamente un 60 % de las podredumbres en frutos de banano son provocados por este tipo de patógenos.

Las condiciones agroclimáticas de nuestro país tienen un rol importante en el desarrollo de enfermedades, tal y como lo cita Triest & Hendrickx (2016), quien menciona en su estudio que *F. musae* ha sido aislada específicamente de frutas de banano provenientes de países latinoamericanos productores de esta fruta, entre ellos Ecuador.

Estudiados todos los resultados y comparados con publicaciones de diferentes autores cuyos síntomas, caracteres morfométricos y reacción a los agroquímicos probados en este estudio se llegó a la conclusión de mantener al género *Fusarium* como el posible agente causal de esta enfermedad. Sin embargo, no se puede determinar con certeza ya que existen diferentes microorganismos fúngicos de similares características, entre ellos *Colletotrichum* lo que hace imprescindible el análisis molecular. Las comparaciones entre ambos géneros fueron similares, existiendo semejanzas en el tamaño de las estructuras, pero con una importante diferencia en el color del micelio por parte de *Colletotrichum*, no obstante, Lezcano & Martínez (2012) resaltan que el género *Fusarium* y la pigmentación de su micelio es muy variada, existiendo colonias de color salmón, púrpura, violeta o rojizo dependiendo del tipo de especie y cultivo al que afecte.

La aplicación de Copper en concentración alta, y cuya composición es a base de oxiclورو de cobre, fue el producto que provocó mayor inhibición del patógeno con un porcentaje del 88.8 % y una concentración aproximada de 335 111 esporas por ml. La acción de este producto activa y eleva los niveles enzimáticos, y a su vez favorece la síntesis de fitoalexinas de la planta, contrarrestando radicales generados por patógenos. Estos resultados coinciden con Tun Tucuch (2008), donde menciona que la aplicación del oxiclورو de cobre es un limitante para la germinación de esporas evitando la aparición de ataques secundarios en la planta. Así mismo, Aguilar (2017) afirma que productos

elaborados a base de cobre se utilizan en aplicaciones de tipo preventivas y ofrecen un efecto de baja resistencia del patógeno.

Cuprospor en su concentración alta con una composición de sulfato de cobre pentahidratado logró un porcentaje de inhibición del 85.5 % y una concentración de 630 222 esporas por ml, sus componentes actúan como permeabilizante celular que a su vez provoca daños ocasionando la ruptura en la pared celular de los patógenos. Diana & Gusqui (2018) afirman que el sulfato de cobre pentahidratado provoca intoxicación y bloquea los procesos respiratorios, y que además disminuyen la biosíntesis de proteínas de los hongos patogénicos. Por otro lado, Alburqueque *et al.* (2018) menciona que el sulfato de cobre pentahidratado actúa en varios sitios de la planta, y añade que en su investigación se obtuvo un porcentaje de inhibición del 72% sobre el género *Fusarium* cuyo resultado fue semejante al de la presente investigación.

La evidencia recabada en la investigación demostró que el producto Copper resultó ser más efectivo ya que a más de su composición de oxiclورو de cobre es complementada con carbohidratos y algunos excipientes naturales antioxidantes. Por otro lado, Olán & Cortez (2003) refuta que Copper es una mezcla de acción directa que va contrarrestando el ataque del patógeno y cuyo efecto se va liberando lentamente perdurando por un largo tiempo. A diferencia de Cuprospor que es un permeabilizante patogénico, cuya composición es liberada más rápido durando un corto tiempo (Nafarrete, 2005).

**CAPÍTULO V.**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

De acuerdo con la aplicación de los procedimientos de laboratorio y el aislamiento del organismo encontrado en dedos de banano, se determinó que la enfermedad en post-cosecha fue producida por un tipo de organismo de origen fúngico.

Las características presentadas por el patógeno y verificadas con las pruebas de patogenicidad, se compararon mediante claves de identificación taxonómicas y morfométricas, las cuales fueron semejantes al género *Fusarium*, atribuyéndosele como la posible causa de la enfermedad en post-cosecha y enfatizando con estudios donde se menciona que este organismo es responsable del 60% de podredumbres en frutos de banano.

La aplicación de fungicidas a base de cobre presentaron promedios de inhibición de hasta el 88% en la reducción del desarrollo del patógeno, inhibiendo el crecimiento micelial y la producción de esporas de cada unidad experimental a nivel *in vitro*.

## **5.2. Recomendaciones**

Aunque los estudios realizados en el laboratorio determinaron la presencia de un organismo de tipo fúngico en los dedos de banano, se recomienda investigar la relación del patógeno encontrado con el huésped, debido a que podrían encontrarse diferentes factores para el origen de la enfermedad.

En cuanto a la patogenicidad del organismo y la determinación de su origen se recomienda continuar con la respectiva identificación molecular para determinar la etiología de una manera específica sobre el agente causal.

El uso de productos a base de cobre determinó ser un limitante para el desarrollo de la enfermedad, por lo cual, se recomienda proceder a la respectiva aplicación en ensayos de campo y corroborar su efecto como un posible control sobre el patógeno.

**CAPÍTULO VI.**  
**BIBLIOGRAFIA**

## 6.1. Bibliografía

- Agritech. (2015). Pudricion del extremo del cigarro *Verticillium theobromae*. Recuperado el 15 de mayo de 2015, de [http://agritech.tnau.ac.in/crop\\_protection/banana\\_diseases/crop\\_prot\\_crop%20diseases\\_fruits\\_banana\\_4.html](http://agritech.tnau.ac.in/crop_protection/banana_diseases/crop_prot_crop%20diseases_fruits_banana_4.html)
- Aguilar, A. (2017). Evaluación de fungicidas orgánicos y minerales en plantas de banano (*Musa acuminata* AAA) para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). (Master's thesis, Espol).
- Andrade, D., & Gusqui, R. (2018). Eficacia de fungicidas químicos para el control in vitro de diferentes fitopatógenos en condiciones controladas. *Arnaldoa*, 25(2), 489-498.
- Ancota, A., Raymundo, B., Bejarano, A., & Duque, A. (2013). Hongos asociados a la pudricion de la corona en frutos de banano orgánico (*Musa* spp. L.) en Piura, Perú. *RIAA*, 4(1), 81-87.
- Arevalo C. (2018). Hongos asociados al falso mal de Panamá en el cultivo de banano orgánico en el Valle del Chira Sullana, Piura. (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Piura).
- Ayala A., Gallou, A., Berlanga M., Andrade Y., Rodriguez C., Arredondo, C., & Montesinos R. (2017). Viability, purity, and genetic stability of entomopathogenic fungi species using different preservation methods. *Fungal biology*, 121(11), 920-928.
- Coto, R. (1999). Conceptos introductorios a la fitopatología. Universidad estatal a distancia. San José, Costa Rica.
- Crocco, A. (2012). Prevencion natural de enfermedades bananas, no solo potasio. Clarin, Recuperado el 08 de diciembre de 2016, de [https://www.clarin.com/nutricion/bananas-potasio\\_0\\_rkhdylAowmg.html](https://www.clarin.com/nutricion/bananas-potasio_0_rkhdylAowmg.html).
- Cunha, C., Hinz, R., Pereira, A., Tcacenco, F., Paulino, E., & Stadnik, M. (2015). Caracterización genética de *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubano y el desarrollo de un marcador SCAR para identificar la susceptibilidad a la enfermedad de banana en panamá. *Scientia Horticulturae*, 191, 108-112.

- Dadzie, K., & Orchard, E. (1997). Evaluacion rutinaria postcosecha de hibridos de bananos y plátanos. En criterios y metodos. Montpellier: Inibap.
- FAO. (2002). Paises exportadores de banano. Quito, Ecuador.
- Garret, D. (1970). Hongos patógenos que afectan la raíz. Cambridge, University Press.
- Hurtado, A. (2016). Estudio del uso de tratamientos hidrotérmicos para el control de las podredumbres durante el periodo poscosecha de banano (*Musa acuminata*) orgánico. (Bachelor's thesis, Quito, 2016).
- IITA. (2017). Banana diseases and pest field guide for diagnostics and data collection. Improvement of banana for smallholder farmers in the Great Lakes Region of Africa. Ibadan, Nigeria.
- ISBE. (2017). Informe sobre el sector bananero Ecuatoriano. Recuperado de <https://www.comercioexterior.gob.ec/wp-content/uploads/2017/12/Informe-sector-bananero-esp%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Kader, A. (1992). Biología y tecnología de postcosecha: una revisión general. Universidad de California, publicación 3311, 311-325.
- Lezcano, C., & Martínez, B. (2012). Caracterización cultural y morfológica e identificación de diez aislamientos de *Fusarium* procedentes de semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú almacenadas. Pastos y Forrajes, 35(2), 187-196.
- López, D. (2008). Caracterización de cepas toxigénicas del género *Fusarium* mediante técnicas de biología molecular. (Doctoral dissertation, Universidad politécnica de Valencia).
- Masudi, S., & Bonjar, H. (2012). Fulfillment of Koch's postulates for in vitro pathogenicity of *Musicillium theobromae* (Turconi) Zare and W. Gams as the cause of banana cigar end rot disease. Journal of Plant Protection Research, 52(4).
- Nafarrete, G. (2005). El cobre como fungicida agrícola. (Bachelor's thesis, pazmi Universidad de Guadalajara).
- Naturland. (2001). agricultura organica en el trópico y subtrópico. Recuperado de <https://www.naturland.de/images/SP/Productores/banano.pdf>

- Navi, S., Bandyopadhyay, R., Hall, J., & Bramel J. (1999). A pictorial guide for the identification of mold fungi on sorghum grain. (No. 59). International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics.
- Nelson, S., Ploetz, R., & Kepler, A. (2006). Especies de musa (banano y plátano). Perfiles de especies para la agrosilvicultura de las islas del Pacífico, 15(2), 251-259.
- Olán, F., & Cortez, H. (2003). Efecto de tres fungicidas sobre siete aislamientos del entomopatógeno *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, 69, 21-26.
- Pazmiño, F. (2007). Tesis: manejo alternativo de sigatoka negra, utilizando biofertilizantes, en plantaciones comerciales de banano. Guayaquil.
- Polanco, P. (2004). Podredumbre de la república dominicana. Recuperado el 23 de mayo de 2016, de <http://190.167.99.25/digital/pudricioncoronabananoidea.pdf>
- ProEcuador. (2017). Producción nacional de banano. el productor. Recuperado de <http://elproductor.com/estadisticas-agropecuarias/produccion-nacional-de-banano/>
- Quimiser, S. (2020). Cuprospor fungicida agricola suspencion concentrada. Recuperado de <https://myhealthbox.eu/es/medicamento/cuprospor50pb/3343617>
- Ram, N., Gireesh, C., & Chandrashekhar, A. (2019). Diversidad morfológica y genética de *Fusarium* spp, asociada con la enfermedad del platano en Panamá. Revista de investigacion y biotecnologia, 1-5.
- Retana, K., Ramírez, A., Castro, O., & Blanco, M. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. Apii asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 25-39.
- Rivera, A. (2016). Tesis: Evaluación del efecto biológico del extracto de la cáscara de (*Musa paradisiaca*) sobre agentes causales de la pudrición de la corona y otros hongos poscosecha en la provincia del Guayas, Ecuador. (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas).
- Robles, L., Leyva, G., Cruz, A., Camacho, M., Nieto, D., & Tovar, M. (2016). *Fusarium oxysporum* Schltdl. y *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. causantes de la marchitez de plántulas de *Pinus* spp. en vivero. Revista mexicana de ciencias forestales, 7(36), 25-36.

- Romberg, M. (2016). *Morphological Identification of Microfungi*. Washington, D.C. Recuperado el 23 de junio de 2015, de <https://conference.ifas.ufl.edu/npdn/Docs/Workshop%20Materials/NPDN%20Microfungi%20Workshop%20Manual.pdf>
- Sempere, F., & Garcia, F. (2004). Caracterización morfológica y cultural de *Fusarium culmorum* (W.G.Smith) Sacc. Recuperado el 16 de octubre de 2004, de <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/164-diciembre-2004/caracterizacion-morfologica-y-cultural-de-fusarium-culmorum-w-g-smith-sacc>
- Seraquive, J. (2017). Caracterización del manejo poscosecha y cuantificación de las pérdidas de banano (*Musa Acuminata*) orgánico en Los Rios. (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas).
- Solinag. (2019). Primebact plus. Quevedo. Recuperado el 13 de febrero de 2020, de <http://solinag.com/site/product/primebact-plus/>
- Syngenta. (2020). Timorex gold. Recuperado el 12 de enero de 2020, de <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/fungicidas/timorex-goldr-1>
- Triest, D., & Hendrickx, M. (2016). Enfermedad poscosecha del banano causada por *Fusarium musae*: ¿una preocupación de salud pública? *Plos pathogens*, 12(11).
- Tun Tucuch, M. (2008). Efectividad biológica del fungicida oxiclورو de cobre para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) en papa (*Solanum tuberosum* L.)./Gerardo Manuel Tun Tucuch. (No. SB608. P8. T86 2008).
- Ultraquimia, S. (2019). Progranic Mega. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <http://www.ptisa.com.mx/producto/progranic-mega/>
- Weir, S. (2012). El complejo de especies de *Colletotrichum*. Recuperado el 15 de septiembre de 2012, de [https://www.researchgate.net/publication/233336084\\_The\\_Colletotrichum\\_gloeosporioides\\_species\\_complex](https://www.researchgate.net/publication/233336084_The_Colletotrichum_gloeosporioides_species_complex)
- Zoberbac. (2019). El cobre como nutriente en los cultivos. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <https://zoberbac.com/blog/el-cobre-como-nutriente-en-la-agricultura>

CAPÍTULO VII.  
ANEXOS

## 7.1. Anexos



**Anexo 1.** Siembra *in vitro* del patógeno encontrado (*Fusarium*).



**Anexo 2.** Crecimiento de una colonia purificada de *Fusarium* aislado de dedos de banano.



**Anexo 3.** Preservación del patógeno aislado (*Fusarium*), en tubos inclinados de PDA.



**Anexo 4.** Pruebas de patogenicidad y conservación en cámaras húmedas.



**Anexo 5.** Resultados de pruebas de patogenicidad. Síntomas internos y externos del dedo inoculado a los 20 días bajo condiciones controladas.



**Anexo 6.** Esterilización de los materiales y preparación de los medios de cultivo con los respectivos productos previo a la siembra *in vitro*.



**Anexo 7.** Toma de datos (conteo de esporas).