



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”**

CARRERA AGRONOMÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EFFECTO DEL *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL *IN*
SITU DE *Phytophthora palmivora* EN CACAO (*Theobroma*
cacao) CCN 51 EN EL GUABO-EL ORO**

**AUTOR
ROBLES CÓRDOVA MÓNICA ALEXANDRA**

**TUTOR
Ph.D. MORÁN BAJAÑA JOAQUÍN TEODORO**

**MILAGRO, ECUADOR
2024**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”

CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “EFECTO DEL *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL IN SITU DE *Phytophthora palmivora* EN CACAO (*Theobroma cacao*) CCN 51 EN EL GUABO-EL ORO”, realizado por la estudiante ROBLES CÓRDOVA MÓNICA ALEXANDRA; con cédula de identidad N° 0706024411 de la carrera AGRONOMIA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ph.D Moran Bajaña Joaquín Teodoro
Tutor

Milagro, 24 de julio del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DEL *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL IN SITU DE *Phytophthora palmivora* EN CACAO (*Theobroma cacao*) CCN 51 EN EL GUABO-EL ORO”, realizado por la estudiante ROBLES CÓRDOVA MÓNICA ALEXANDRA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Macias Hernández David, M.Sc
PRESIDENTE

Ph.D Gaviláñez Luna Freddy
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Moran Sánchez Nuvia, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Cruz Romero Colon, M.Sc
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 24 de julio de 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la fortaleza y sabiduría por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por brindarme amor, paciencia, esfuerzo, por apoyarme en todo el trayecto de mi titulación y ser una profesional. A mis, hermanos e Hijo fueron mi fuerza para cumplir un sueño más en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi compañía en cada momento de mi vida. A mi director de tesis Ph.D Moran Bajaña Joaquín, por la enseñanza de su conocimiento, paciencia ante mi inconsistencia, amistad y ayuda antes momentos difíciles de mi trabajo de tesis. A mi madre - María Córdova, hermanos Luis y Alejandro Robles que siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional para continuar por este largo camino, en especial a mi hijo Daniel Valdez

AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, ROBLES CÓRDOVA MÓNICA ALEXANDRA, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "EFECTO DEL *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL IN SITU DE *Phytophthora palmivora* EN CACAO (*Theobroma cacao*) CCN 51 EN EL GUABO-EL ORO" para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

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

Milagro, 24 de julio del 2024

ROBLES CÓRDOVA MÓNICA ALEXANDRA
C.I. 0706024411

RESUMEN

El cultivo de cacao es vital para economías en desarrollo debido a su alto valor comercial. Se planteó un estudio cuyo objetivo fue: Evaluar el efecto del *T. harzianum* en el control *in situ* de *Phytophthora palmivora* en cacao CCN 51 en El Guabo-El Oro. Se empleó un DBCA con tres tratamientos y se consideró como factor de bloqueo la distribución de las parcelas en el área experimental. Se realizó el análisis de varianza y aplicó la prueba de Tukey para la comparación de las medias obtenidas. Los tratamientos fueron: *T. harzianum* en forma comercial (Biotrich), Azoxystrobin 250 SC y un tratamiento control sin aplicación. Se propone el uso del hongo beneficioso *Trichoderma harzianum* como control biológico. Se evaluó la incidencia, severidad, número de mazorcas por planta, Peso de 100 granos de cacao y rendimiento. Se observó que la incidencia y severidad de *P. palmivora* no disminuyen significativamente con *T. harzianum* en condiciones de campo. A pesar de esto, se resalta el potencial del biocontrolador para mejorar la calidad del fruto de cacao. Se describen síntomas de la pudrición de la mazorca, sugiriendo la complejidad de la enfermedad con presencia de otros hongos patógenos. El análisis económico destaca la importancia de considerar eficacia y eficiencia, evaluando los costos asociados. Se concluye aceptando la hipótesis nula y se ofrecen recomendaciones para fortalecer el uso de *T. harzianum* y continuar investigaciones sobre la dinámica de *Phytophthora*.

Palabras claves: *Trichoderma*, biocontrolador, moniliasis, incidencia, severidad

ABSTRACT

The cultivation of cocoa is crucial for developing economies due to its high commercial value. A study was conducted with the objective of evaluating the effect of *T. harzianum* on the *in-situ* control of *Phytophthora palmivora* in CCN 51 cocoa in El Guabo-El Oro. A Completely Randomized Block Design (DBCA) with three treatments was employed, using the distribution of plots in the experimental area as a blocking factor. Variance analysis was performed, and the Tukey test was applied to compare the means obtained. The treatments included commercial *T. harzianum* (Biotrich), Azoxystrobin 250 SC, and a control treatment without application. The utilization of the beneficial fungus *Trichoderma harzianum* as a biological control agent is proposed. Incidence, severity, number of pods per plant, weight of 100 cocoa beans, and yield were evaluated. It was observed that the incidence and severity of *P. palmivora* did not significantly decrease with *T. harzianum* under field conditions. Despite this, the biocontrol agent's potential to enhance cocoa fruit quality is emphasized. Symptoms of pod rot are described, indicating the complexity of the disease with the presence of other pathogenic fungi. The economic analysis underscores the importance of considering both effectiveness and efficiency, evaluating associated costs. The study concludes by accepting the null hypothesis and provides recommendations to strengthen the use of *T. harzianum* while continuing research on *Phytophthora* dynamics.

Keywords: *Trichoderma*, biocontrol agent, moniliasis, incidence, severity.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes del problema.....	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.2.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2.2 Formulación del problema	15
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos	16
1.7 Hipótesis.....	16
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Estado del arte	18
2.2 Bases teóricas.....	23
2.2.1 El cacao CCN 51	23
2.2.2 Enfermedades del cacao.....	24
2.2.3 Clasificación taxonómica y características morfológicas de <i>Phytophthora palmivora</i>	26
2.2.4 El Control biológico y alternativas naturales.....	27
2.2.5 El manejo integrado de enfermedades del cacao	28
2.2.6 Características y beneficios del <i>Trichoderma harzianum</i>	30
2.3 Marco legal.....	32
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1 Enfoque de la investigación.....	34
3.1.1 Tipo de investigación.....	34
3.1.2 Diseño de investigación.....	34
3.2 Metodología.....	34
3.2.1 Variables	34
3.2.1.1. Variable independiente.....	34
3.2.1.2. Variable dependiente.....	34
3.2.2 Tratamientos	36
3.2.3 Diseño experimental.....	36
3.2.4 Recolección de datos	37

3.2.4.1. Recursos	37
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	37
3.2.5 Análisis estadístico	38
4. RESULTADOS	39
Analizar el efecto del <i>Trichoderma harzianum</i> sobre la incidencia y severidad de <i>P. palmivora</i> en plantas de cacao CCN 51 a nivel de campo.....	39
5. DISCUSIÓN	43
6. CONCLUSIONES	47
7. RECOMENDACIONES	48
8. BIBLIOGRAFÍA	49
9. ANEXOS	55
9.1 Tablas.....	55
9.2 Figuras	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de severidad para <i>P. palmivora</i>	35
Tabla 2. Distribución de los tratamientos en el control de <i>Phytophthora palmivora</i>	36
Tabla 3. Delimitación del experimento	37
Tabla 4. Modelo de análisis de varianza del ensayo.....	38
Tabla 5. Incidencia de la enfermedad Mazorca Negra (<i>Phytophthora palmivora</i>) en cacao.....	39
Tabla 6. Severidad de la enfermedad Mazorca Negra (<i>Phytophthora palmivora</i>) en cacao a los 8, 15, 22 y 29 días después de la aplicación.....	40
Tabla 7. Número de mazorcas de cacao por planta	40
Tabla 8. Peso de 100 granos secos de cacao	40
Tabla 9. Análisis económico del ensayo de cacao mediante el método del presupuesto parcial ((CIMMYT, 1988).....	42
Tabla 10. Base de datos de la severidad a los 8 y 15 días con la escala de Stover con sus medias ponderadas y valores ajustados $\sqrt{\text{valor}+0.5}$	63
Tabla 11. Base de datos de la severidad a los 21 y 29 días, con la escala de Stover con sus medias ponderadas y valores ajustados $\sqrt{\text{valor}+0.5}$	64
Tabla 12. Peso de 100 granos (gramos) de cacao del ensayo tanto en baba como en seco.....	65
Tabla 13. Número de mazorcas de cacao por planta en el ensayo	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tinción con azul de lactofenol de cuerpos fúngicos de <i>P. palmivora</i> observado mediante microscopía óptica con lente de 40x a partir de crecimientos de muestras de mazorcas de cacao.....	41
Figura 2. Crecimientos de cuerpos fúngicos de <i>P. palmivora</i> en medio PDA medicado con Ampicilina y Rifaximina 500 mg/L ⁻¹ a partir de muestras de mazorcas de cacao.....	41
Figura 3. Croquis de campo del ensayo	67
Figura 4. Inspeccionando los tratamientos del ensayo	67
Figura 5. Identificando los árboles de cacao bajo estudio	68
Figura 6. Preparando el Biotrich para realizar las fumigaciones.....	68
Figura 7. Realizando las fumigaciones respectivas en cada tratamiento	69
Figura 8. Preparación del medio de cultivo PDA para obtener los crecimientos fúngicos de los materiales de cacao	69
.....	70
Figura 9. Crecimientos fúngicos de <i>P. palmivora</i> en medio PDA modificado con Streptomina y Rifacimina	70
Figura 10. Granos de cacao cosechados de las parcelas experimentales	70
Figura 9. Crecimientos fúngicos de <i>P. palmivora</i> en medio PDA modificado con Streptomina y Rifacimina	70
Figura 10. Granos de cacao cosechados de las parcelas experimentales	70

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los más importantes para la economía de muchos países en desarrollo, debido a su alto valor comercial en el mercado internacional (Tuesta-Pinedo & J.J., 2017)

El cacao, originario de América y principalmente de la cuenca amazónica, se reconoce a nivel mundial en tres tipos: *Theobroma cacao* ssp. *cacao*, *T. cacao* ssp. *sphaerocarpum* y cacao Trinitario. Se han identificado 10 grupos genéticos de esta especie. A nivel mundial, la producción de cacao alcanza los 4.2 millones de toneladas, siendo Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún los principales países productores. En México, se cultiva en Tabasco, Chiapas y Guerrero, con una producción nacional de aproximadamente 28,006.59 hectáreas (Leandro, 2021)

En la región Costa, en el Ecuador, hay alrededor de 110,000 unidades productivas que abarcan cerca de 500,000 hectáreas destinadas al cultivo de cacao. La mayoría de estas plantaciones se encuentran en la región y aproximadamente el 10% de la superficie está dedicada al cultivo del clon CCN-51, mientras que el resto corresponde al cacao Nacional, reconocido a nivel internacional. El clon CCN-51 es un híbrido de cacao originario de Ecuador, que se introdujo en 1965 y fue oficialmente reconocido como una variedad altamente productiva el 22 de julio de 2005 mediante un acuerdo ministerial emitido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Esto ha permitido al MAGAP brindar apoyo en términos de producción, comercialización y exportación de esta variedad de cacao. (Espinel citado por Abad A., Acuña C., Naranjo E., 2020).

La mancha negra del cacao, causada por el hongo *Phytophthora* spp., es una de las enfermedades más perjudiciales para la producción de cacao a nivel mundial. Se estima que en 2012 se perdió cerca de 800,000 toneladas de producción debido a este patógeno. La severidad de la enfermedad varía según la especie de *Phytophthora* que la causa, siendo *P. megakarya* la más destructiva, seguida de *P. palmivora*, *P. capsici* y *P. tropicalis*. La aparición de la enfermedad está influenciada por factores climáticos, como la temperatura y la humedad relativa, así como la susceptibilidad de la variedad de cacao (Jácome, 2016).

Inicialmente, la especie responsable de la mancha negra se llamaba *Phytophthora faberi*, pero posteriormente se reclasificó como *P. palmivora*. Sin embargo, se ha identificado la presencia de otras especies de *Phytophthora* como agentes patógenos del cacao. Se han reportado ocho especies como importantes patógenos de *T. cacao*, entre ellas *P. capsici*, *P. tropicalis*, *P. megakarya*, *P. citrophthora* y *P. nicotianae* var. *parasitica* (Rodríguez y Vera, 2015).

Sin embargo, su producción se ve amenazada por la presencia de diversas enfermedades, entre las cuales se encuentra la “Mazorca Negra” cuyo agente causal es el hongo *Phytophthora palmivora*, siendo una de las principales enfermedades que afecta el cultivo de cacao en todo el mundo. Esta enfermedad es causada por un hongo que infecta el árbol y produce la pudrición de las raíces y del tronco, lo que puede resultar en la muerte del árbol y en la disminución de la producción de cacao Valencia *et al.*, (2022).

En la búsqueda de soluciones para el control de *P. palmivora*, se han estudiado diversos métodos, incluyendo el uso de fungicidas químicos, pero estos pueden ser costosos, tóxicos y tener efectos negativos en el medio ambiente. Por lo tanto, se han explorado alternativas biológicas como el uso de microorganismos beneficiosos como el *T. harzianum*., un hongo que puede colonizar las raíces de las plantas y mejorar su capacidad de resistencia a enfermedades Companioni *et al.*, (2019).

En El Guabo, donde se produce el cacao CCN 51, se han registrado pérdidas significativas en la producción debido a la presencia de *P. palmivora* por lo que se plantea el presente estudio con la finalidad de presentar una alternativa de solución para los productores cacaoteros.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La producción de cacao en la zona de El Guabo es una actividad económica importante que ha enfrentado diferentes desafíos a lo largo del tiempo, de hecho esta zona es tradicionalmente cacaotera debido principalmente a su ubicación geográfica como a sus condiciones agroclimáticas. Uno de los principales problemas ha sido la presencia de enfermedades, como la “Mazorca Negra” cuyo agente causal se lo ha atribuido ampliamente a *P. palmivora*, hongo que puede afectar gravemente la salud de los árboles de cacao, principalmente de la mazorca

y disminuir considerablemente la producción. Esta enfermedad ha sido objeto de estudio en diferentes regiones del mundo, y se han utilizado diversas estrategias para su control, incluyendo el uso de fungicidas químicos y biológicos.

En este contexto, el uso de *T. harzianum* como agente de control biológico ha surgido como una alternativa prometedora y respetuosa con el medio ambiente. Se ha demostrado que este hongo puede mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades, ya que puede colonizar las raíces de las plantas y estimular su sistema inmunológico. Sin embargo, aún existen incógnitas por responder respecto a la eficacia del biocontrolador en el control *in situ* de *P. palmivora* en la zona de El Guabo.

Es necesario determinar si la aplicación de este hongo benéfico puede ser una alternativa viable y efectiva para el control de la enfermedad en la región. Además, se espera analizar los efectos del *T. harzianum* sobre la calidad del fruto de cacao.

El estudio busca abordar una problemática importante para la producción de cacao en la zona de El Guabo, utilizando una estrategia innovadora y amigable con el medio ambiente. Además, el análisis de los efectos del *T. harzianum* en la calidad del fruto de cacao puede generar información valiosa para la mejora de la producción y la competitividad en el mercado internacional.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de *T. harzianum* en el control *in situ* de *Phytophthora palmivora* en cacao CCN 51 en la zona de El Guabo?

1.3 Justificación de la investigación

La propuesta investigativa se justifica debido a que el cacao es un cultivo de gran importancia económica en varios países, incluyendo Ecuador, y su producción puede verse seriamente afectada por enfermedades como la *Phytophthora palmivora* como causante de la enfermedad denominada “Mazorca Negra”, que puede causar grandes pérdidas económicas a los productores.

Las prácticas excesivas de pesticidas y fungicidas para el control de enfermedades pueden y han ocasionado consecuencias negativas en el medio ambiente y en la salud humana. Por lo tanto, es necesario buscar soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente para el control de enfermedades en cultivos como el cacao de gran demanda en la industria chocolatera nacional e internacional.

Se ha descrito la actividad antagónica y biocontroladora del hongo *Trichoderma harzianum* el mismo que se ha utilizado con éxito como agente de control biológico en varios cultivos, incluyendo el cacao. Se ha informado de la capacidad de *Trichoderma* para reducir la incidencia de enfermedades en plantas y mejorar el crecimiento de las mismas, por lo que su estudio como agente de control biológico de la *P. palmivora* podría ser prometedora.

Algunas fuentes han explicado las ventajas del control *in situ* de las enfermedades en cultivos como el cacao siendo crucial para evitar la propagación de las mismas y minimizar las pérdidas económicas para los productores. La propuesta del estudio del efecto del *Trichoderma harzianum* en el control *in situ* de la *P. palmivora* en el cacao CCN 51 en la zona de El Guabo puede convertirse en una alternativa efectiva para el control de esta enfermedad en el campo.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El componente de campo del trabajo de titulación se llevó a cabo en la finca Felicia ubicada en la vía del Garrido, cantón El Guabo en la provincia de El Oro.
- **Tiempo:** El período de tiempo que tomó el desarrollo del componente práctico del trabajo de titulación fue de 4 meses como máximo.
- **Población:** El trabajo propuesto fue dirigido a los productores de cacao.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto del *T. harzianum* en el control *in situ* de *Phytophthora palmivora* en cacao CCN 51 en El Guabo-El Oro.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar el efecto del *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia y severidad de *P. palmivora* en plantas de cacao CCN 51 a nivel de campo
- Examinar los efectos del *T. harzianum* sobre el fruto de cacao
- Identificar el tratamiento de mayor utilidad económica aplicando el método del presupuesto parcial del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT)

1.7 Hipótesis

La aplicación de *T. harzianum* en el control *in situ* de *P. palmivora* en cacao CCN 51 en El Guabo, provincia de El Oro, reduce la incidencia y severidad de la

enfermedad en las plantas de cacao y mejore la calidad del fruto en comparación con las plantas de cacao no tratadas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Marchan (2019), evaluó el efecto del sulfato de cobre pentahidratado aplicado a la parte aérea y de *Trichoderma harzianum* y microorganismos eficientes aplicados al suelo como control contra *Phytophthora sp.* en el cultivo de cacao, estudio que fue llevado a cabo en el Sector Uña de Gato, en la Provincia de Zarumilla, Región de Tumbes. Esta enfermedad representa un problema significativo para los cultivadores de cacao en la región de Tumbes, causando pérdidas considerables en la cosecha y en términos económicos. Mediante la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado en la parte aérea junto con *Trichoderma harzianum* y un caldo microbiano en el suelo, se logró una reducción de la enfermedad en la copa de 2.9 grados y un cambio en el nivel de floración, pasando de muy bajo a bajo a los 30 días después de la aplicación y a un nivel medio a los 75 días después de la aplicación. Además, se observó un aumento en la producción de nuevas raíces en las plantas, evidente a los 30 días después de la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado junto con *Trichoderma harzianum* y un caldo microbiano, alcanzando su nivel máximo de control a los 75 días, con un 22% de eficacia. Los tratamientos que incluyeron el caldo microbiano mostraron una mayor presencia de antagonistas en el suelo, alcanzando su nivel máximo de control a los 75 días después de la aplicación, con 1 450 UFC.

Delgado y Bermúdez (2021), evaluaron el efecto del silicio como inductor de resistencia sistémica y el antagonismo de *Trichoderma viride* en la marchitez vascular del tomate híbrido Santa Clara causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici. Se utilizó un diseño bifactorial con ocho tratamientos y 12 réplicas. Los resultados mostraron que las plantas tratadas con silicio y el antagonista lograron reducir la severidad foliar en un 47% en comparación con el grupo de control. Estos hallazgos indican que el uso de silicio y *Trichoderma viride* puede ser efectivo para combatir la marchitez vascular del tomate, proporcionando una estrategia de control prometedora.

Pilaloe et al. (2021) de la Universidad Agraria del Ecuador, en un estudio para evaluar cuatro tratamientos T1: *Bacillus sp* + poda; T2: *Trichoderma sp* + poda; T3: Mancozeb; T4: Testigo con solo poda, como una alternativa o complemento para el control de *M. royeri* con un enfoque integrado en el cultivo de cacao en Cañar, Ecuador, observaron diferencias en variables como incidencia, número de

flores y pepinos sanos entre los tratamientos, se confirma que la aplicación de fungicidas reduce el daño causado por el hongo, siendo la poda por sí sola la menos eficaz. El rendimiento no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos 1, 2 y 3. Sin embargo, el análisis económico señaló al T1 *Bacillus* sp + poda como el más rentable.

Sriwati *et al.*, (2019) evaluaron el impacto de las suspensiones de *Trichoderma harzianum* y *T. virens* en la pudrición de la mazorca de cacao en el campo. La investigación se llevó a cabo en la aldea de Pulo Hagu, Pidie Regency, Aceh, Indonesia, de marzo a julio de 2017. Se implementó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos (sin suspensión, suspensión de *T. Harzianum* y suspensión de *T. virens*) con ocho repeticiones, cada uno compuesto por tres unidades experimentales. Las pruebas fitoquímicas revelaron que ambas especies de *Trichoderma* contenían solo metabolitos alcaloides. La aplicación en campo de la suspensión de *T. harzianum* resultó en una reducción del porcentaje de infección de la fruta y de la intensidad de la enfermedad en un 48,57 % y un 46,04 %, respectivamente, a las 12 semanas después de la aplicación (WAA). El porcentaje de reducción del área de la mancha entre la suspensión de *T. harzianum* y el control, así como entre *T. virens* y el control, fue del 47,24 % y el 27,46 %, respectivamente, a 87 WAA. Además, *T. virens* suprimió el porcentaje de frutos infectados y la intensidad de frutos infectados en un 40,61 % y un 38,02 %, respectivamente, a 12 WAA.

Rubio *et al.*, (2021) investigadores de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en México, evaluaron el antagonismo de *T. asperellum*, *T. harzianum* y dos aislados de *Bacillus* spp. frente a *Fusarium oxysporum* y *Dickeya chrysanthemi*. Realizando la identificación morfológica de *Bacillus*, provenientes de aislados de muestras de suelo de cultivos de *Aloe vera* y mediante enfrentamiento en cultivos duales en un DCA con 5 repeticiones, lograron como resultados en las pruebas de enfrentamiento de *T. asperellum* alcanzando un porcentaje de inhibición del 71% frente a *F. oxysporum* y 42% frente a *D. chrysanthemi*. Los resultados de los halos de inhibición de *Bacillus* llegaron a medir 4 mm. Los investigadores concluyeron que ambas especies constituyen en una opción importante para inhibir el crecimiento de *F. oxysporum* y *D. chrysanthemi* a nivel *in vitro*.

Rodríguez *et al.*, (2021) y Vega *et al.*, (2019) identificaron materiales nativos de *Trichoderma* spp. como biocontrol de *Fusarium* spp., en plantas de berenjena

para lo cual se aislaron 5 cepas del hongo benéfico y 5 cepas del patógeno bajo estudio, a través de pruebas duales en el marco de un DCA con 5 repeticiones en arreglo factorial 5x6. En este estudio, el primer factor se atribuyó a *Fusarium spp.*, el siguiente factor fue para *T. harzianum* más un testigo, se evaluó el diámetro de la colonia, el porcentaje de inhibición y la eficiencia de biocontrol de *T. harzianum*. Los resultados obtenidos muestran que la cepa TC05 inhibió en valores superiores al 90% a todas las cepas de *Fusarium spp.*; el estudio concluyó que *T. harzianum* constituye una alternativa adecuada para emplearse como organismo biocontrolador de patógenos como *Fusarium spp.* en el cultivo de la berenjena en Córdoba, Colombia.

Benítez, (2019) aisló e identificó, en tres distintas fincas dedicadas a la producción de cacao por más de treinta años, seis cepas de *Trichoderma harzianum* en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y mediante dos pruebas de antagonismo contra *Monillioophthora roreri*, una prueba dual y el análisis de metabolitos difusibles empleando para este estudio, cajas de Petri con medio V8 modificado y discos de 5 mm de diámetro empapados con el fitopatógeno. En ambas pruebas, se aplicó una metodología totalmente aleatoria con tres repeticiones por cada tratamiento, realizando un modelo factorial de 4x8 y tres repeticiones por tratamiento. Los resultados de la prueba dual arrojaron, a las 120 horas de evaluación, significancia estadística en la variable antagonismo, en cinco de las seis cepas de *T. harzianum*. frente a *M. roreri* y al menos tres de las cepas alcanzaron un alto poder de antagonismo a nivel micelial como metabólica. Los investigadores concluyeron, que cuando mayor es la concentración de metabolitos se incrementa el efecto de inhibición deseado sobre *M. roreri*.

Por su parte, Palacios, (2019) realizó una investigación en el laboratorio de Protección Vegetal de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, en Orellana, provincia ecuatoriana, mediante un DCA con 20 tratamientos y 5 repeticiones lograron 12 aislados de *Trichoderma spp.* procedentes de distintas provincias del Ecuador las cuales fueron comparadas morfológicamente frente a una forma comercial de la marca Tricomix.

Las especies identificadas por Palacios, (2019) fueron *T. asperellum*, *T. aureoviride*, *T. harzianum*, *T. reesei* y *T. koningiopsis*. Se observó como resultado un mayor crecimiento radial del micelio de *Trichoderma* en medio PDA donde se logró la caracterización de las estructuras del hongo benéfico *Trichoderma spp.*

siendo el material identificado como Napo Tena – 12, el que presentó el mayor antagonismo contra *M. roreri* bajo condiciones *in vitro*.

En un estudio realizado, en el Laboratorio de Micología Vegetal del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) en Cuba, por Duarte y Pozo, (2018), cuyo objetivo fue determinar la actividad antagónica de algunas cepas de *Trichoderma asperellum* frente a cepas de *Fusarium diaminii* y *F. solani* procedentes de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluaron la antibiosis, la competencia por espacio y el micoparasitismo mediante el método de cultivo dual, encontrando que las cepas de *T. asperellum* excepto Ta-8, inhibieron el crecimiento de *F. solani* y *F. diaminii* a partir de las 24-48 horas. Asimismo, el antagonista, se coló en la clase 1 mientras que la Ta-3 se ubicó en la clase 2, de acuerdo a la escala de Bell. Considerando los resultados alcanzados y la acción de los antagónicos, se seleccionaron a dos cepas la Ta-1 y la Ta-79 como potenciales controladores biológico de *Fusarium*.

En un ensayo efectuado por Pérez *et al.*, (2018) con el auspicio de las Universidad de Camagüey, y el Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas en Cuba evaluaron la competencia, el micoparasitismo y la antibiosis de *T. harzianum* Rifai (cepa A-34), el agente causal de la mancha parda *Bipolaris oryzae*, la pudrición de la vaina *Sarocladium oryzae* y el tizón del arroz causado por *Pyricularia grisea*, analizando el comportamiento de nueve tratamientos con tres concentraciones del agente de control biológico, cuatro diluciones de filtrados de cultivo, la Azoxistrobina como control comparativo y un control absoluto. Los resultados afirmaron que el antagonista y sus filtrados de cultivo ejercieron un control sobre las enfermedades fúngicas del arroz antes mencionadas, con niveles de eficiencia entre 70 y 90 %; además, se logró una disminución superior al 67,5 %.

Rhizoctonia solani y *Fusarium verticillioides* (Retana *et al.*, 2018), son los agentes causantes de la rizoctoniosis y fusariosis en plantaciones de maíz en Venezuela y otras latitudes por lo que Rodríguez y Flores, (2018) ambas del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía en la Universidad Central de Venezuela determinaron la capacidad de antagonismo a nivel *in vitro* de varios (16) aislamientos de *Trichoderma spp.* frente a *Rhizoctonia solani* y *Fusarium verticillioides*. Las investigadoras lograron identificar los aislamientos potencialmente capaces de controlar los microorganismos fúngicos patógenos.

Para esto, mediante pruebas de cultivo duales y de enfrentamiento empleando el medio de cultivo papa dextrosa agar PDA evaluaron durante 2 semanas, en el marco de un diseño completamente al azar, los aislados de *Trichoderma harzianum* detectando significancia en los resultados de inhibición del crecimiento (IC) y el número de esclerocios que *Trichoderma* formó contra *R. solani* y *F. verticillioides*.

Samaniego *et al.*, (2018) aislaron, identificaron y evaluaron algunas cepas locales de *Trichoderma spp.* de Matanzas, en Cuba, para lo cual realizaron el ensayo en un agroecosistema con suelo de origen férrico de donde se aisló e identificó tres cepas nativas del hongo, realizando posteriormente, mediante pruebas duales, la evaluación del antagonismo *in vitro* de las especies autóctonas obtenidas frente a cepas de referencia de *Trichoderma harzianum* Rifai 3(A-34)2 y *T. viride* Persoon 5(TS-3)1 las cuales fueron enfrentadas a *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium spp.* y *Sclerotium rolfsii* Sacc., concluyendo, mediante el análisis de varianza, que el aislado de la cepa *Trichoderma* 2T- presentó el menor antagonismo a nivel *in vitro* contra *Fusarium spp.* al igual que *T. harzianum* 6(A-53)2. Mientras tanto, las cepas de referencia, *T. harzianum* 3(A-34)2 presentó el mayor antagonismo contra estos hongos.

Polanco, (2016) evaluó el poder biocontrolador de *Trichoderma spp* sobre *Fusarium spp.* Bajo condiciones de laboratorio y en el vivero; paralelamente se estudió la influencia del hongo benéfico sobre el crecimiento de plántulas de cacao.

El estudio se realizó partiendo de muestras de cojinetes florales de cacao, con sospecha de estar contaminados y de estos se caracterizó morfológicamente al patógeno y mediante los postulados de Koch se logró la confirmación del agente causal de la enfermedad. En las pruebas de enfrentamientos en cultivos duales en medio PDA entre el patógeno frente a *T. virens*, *T. asperellum*, *T. harzianum* y *T. koningiopsis*. El ensayo se planteó evaluar el efecto biocontrolador de *Trichoderma spp.* en plántulas en vivero para lo cual se sembraron semillas de cacao las cuales fueron inoculadas con el patógeno y *Trichoderma spp* en las que no se observó significancia en la germinación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *El cacao CCN 51*

El cultivo de cacao se lleva a cabo en áreas calurosas y húmedas en más de 40 países distribuidos en todos los continentes excepto Europa. De esos países, más de la mitad se encuentran en América y producen cacao con fines comerciales, lo que convierte al cacao en un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental y, especialmente, cultural en las regiones donde se produce. La industria cacaotera tiene un impacto significativo en los principales países productores, ya que representa el medio de subsistencia para más de 200,000 agricultores y genera alrededor de 2,000,000 empleos directos en las etapas de producción, procesamiento y comercialización. La producción de cacao en América abarca una extensión de más de 1,800,000 hectáreas y genera exportaciones anuales que superan los 1000 millones de dólares en valor comercial (Arvelo, González, Maroto y Delgado, 2017).

En la región de Suramérica, hay diversos tipos de cacao que se destacan en países como Ecuador, Brasil, Perú, Colombia y Venezuela. Ecuador y Perú son reconocidos por su excelente grano y el cacao de alta calidad y aroma. En Ecuador, el investigador Castro-Zurita llevó a cabo estudios desde 1952 utilizando distintas variedades de cacao, y logró crear un híbrido que se destaca por su resistencia a enfermedades, además de su alta productividad y calidad. Este híbrido, denominado clon CCN 51 (Colección Castro Naranjal No. 51), fue desarrollado en 1965. Posteriormente, el 22 de junio de 2005, fue declarado mediante un acuerdo ministerial como un cultivo agrícola altamente productivo, notablemente distinto a la variedad "Nacional", que a su vez posee características individuales únicas y especiales, destacándose por su reconocido aroma y sabor distintivo llamado "arriba", (Andrade, Rivera, Chire y Ureña, 2019).

De acuerdo con Morales, Carrillo y Ferreira (como se citó en Chávez, Olaya y Maza, (2018), el clon de cacao CCN 51 se caracteriza por ser altamente productivo pero presenta una baja calidad organoléptica. Además, en México se han llevado a cabo investigaciones con el objetivo de desarrollar clones de cacao que sean resistentes a las plagas, aunque han obtenido resultados limitados. Esto se debe, en parte, a los elevados costos de los productos químicos utilizados, lo que incrementa el costo de producción.

Según indican Leiva, Gutiérrez, Pardo y Ramírez, (2019), la poda de los árboles tiene como objetivo regular su crecimiento, estimular la aparición de brotes en las yemas terminales y aumentar la floración y producción de frutos. En el caso del cacao CCN 51 en comparación con el ICS 95, la poda no afectó la duración de los periodos de crecimiento, pero sí tuvo un impacto en la cantidad de hojas en el índice de área foliar. En el CCN 51, los brotes se concentraron en los meses de marzo, julio y septiembre, mientras que en el ICS 95 se extendieron desde marzo hasta septiembre en todos los tratamientos. La poda de altura (-h) tuvo un efecto significativo en el índice de área foliar del CCN 51 a los 65 y 245 días después de la poda, mientras que en el ICS 95 fue a los 169 días. A medida que se aumentaba la intensidad de la poda, disminuía el índice de área foliar y, de manera significativa, se reducía la formación de frutos, la retención de los mismos, la producción de granos secos y aumentaba la proporción de frutos secos. Los componentes de rendimiento más sensibles a los efectos de la poda son el número de frutos listos para cosechar y el peso de los granos por fruto.

2.2.2 Enfermedades del cacao

El cultivo de cacao, al igual que cualquier otro, se ve afectado por enfermedades, las cuales juegan un papel fundamental en el rendimiento y la producción de este cultivo. Por lo tanto, resulta crucial controlar y disminuir el impacto de las enfermedades en esta importante área de la economía de Ecuador. Los autores destacan que las enfermedades más frecuentes son la Monilia y la Botryodiplodia, por lo tanto, es fundamental llevar a cabo estudios con el objetivo de mejorar y fortalecer la calidad fitosanitaria de este cultivo en Ecuador (El Salous, Martillo, Gómez y Martínez, 2020).

Plasencia *et al.*, (2022) resalta que la enfermedad conocida como moniliasis del cacao es causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif y Par). Este patógeno tiene la capacidad de atacar al fruto del cacao en cualquier etapa de su desarrollo. Penetra la vaina y se desarrolla dentro de las células del parénquima cortical, lo que resulta en la infección de la mazorca. Como consecuencia, se producen deformidades de formas geométricas y la aparición de protuberancias o tumores, lo que provoca pérdidas de hasta el 90% de la producción. Además, de manera indirecta, la moniliasis puede causar la pérdida de hábitats para la flora y fauna, así como la fragmentación y erosión del suelo. Su ataque es tan severo que en Ecuador se considera la principal limitante en la producción de cacao debido a las

considerables pérdidas que ocasiona. Además, existe la posibilidad de que en el futuro, la capacidad adaptativa del fitopatógeno y el cambio climático favorezcan su dispersión y expansión geográfica. Es importante tener en cuenta que la propagación de esta enfermedad depende, entre otros factores, de las condiciones ambientales, lo que dificulta su control efectivo.

Abad, Alvarado y Gallardo, (2018) destacan que la Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) es una enfermedad de gran importancia económica en las plantaciones de cacao. Es considerada la enfermedad más significativa por cerca del 90% de los países productores en América Latina, y se estima que a nivel mundial las pérdidas oscilan entre el 15% y el 25%. Estas pérdidas son suficientes para generar impactos significativos, superando a cualquier otra enfermedad presente en la región. La Mazorca negra puede afectar plántulas y diversas partes del árbol de cacao, como los cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces. Sin embargo, el daño principal se produce en las mazorcas, y esto se debe a prácticas inadecuadas de manejo, como la falta de poda, la sombra excesiva, las bajas temperaturas y la falta de drenaje. Estos factores favorecen el desarrollo de la enfermedad, lo que lleva a que las mazorcas infectadas se vuelvan inservibles en un período de 8 a 20 días. Para combatir esta enfermedad, se pueden emplear diversas técnicas culturales, el uso de fungicidas y el uso de variedades resistentes. Estas estrategias permiten controlar y mitigar el impacto de esta enfermedad en las plantaciones de cacao.

Ramos, (2017), explica que la escoba de bruja, una enfermedad perjudicial para el cacao es causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa*. La severidad del daño ocasionado por este hongo varía según las condiciones climáticas, el nivel de inóculo, el tipo de cacao y las prácticas de manejo. La enfermedad afecta los brotes, flores, hojas y frutos del cacao, causando un crecimiento anormal, hojas en forma de espada y excesivos chupones. Inicialmente, el hongo fue descrito como *Marasmius pernicius*, pero posteriormente fue reclasificado como *Crinipellis perniciosa*. Sin embargo, estudios demostraron que está estrechamente relacionado con *Moniliophthora roreri*. Estas dos especies forman un linaje separado y los tejidos afectados por la "escoba de bruja" cambian de color y se secan con el tiempo. Durante la infección, el micelio del hongo cambia de monocariótico a dicariótico, y se forman clamidosporas y basidiocarpos a medida que la escoba seca.

2.2.3 Clasificación taxonómica y características morfológicas de *Phytophthora palmivora*

Jácome, (2016) describe que el phylum Oomycota, al cual pertenece *Phytophthora palmivora*, ha sido clasificado en varios reinos a lo largo del tiempo. Inicialmente, fue clasificado en el reino Fungi, luego se ubicó en los Chromistas y finalmente en el reino Stramenopila. Aunque se los consideró inicialmente como hongos debido a la presencia de hifas filamentosas, este grupo está más estrechamente relacionado con las algas caféas que con los verdaderos hongos. Dentro de la clase Oomycetes, se encuentra el orden Peronosporales. *Phytophthora* se encuentra en la familia Peronosporaceae, junto con los mohos acuáticos o "water molds".

Las patologías en plantas causadas por el género *Phytophthora* son unas de las mayores amenazas para la agricultura en el mundo (Sims *et al.*, 2019).

Por otra parte, Martínez de la Parte y Pérez, (2015), señalan que la enfermedad conocida como "pudrición parda" o "mazorca negra" es otro factor que afecta la productividad del cacao, y es causada por varias especies del género *Phytophthora*, como *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici* y *P. citrophthora*.

Según Anzules *et al.*, (2019), la patología más extendida y la más destructiva es *P. palmivora*. En este criterio coinciden Martínez de la Parte y Pérez, (2015) quienes estiman que las pérdidas por esta enfermedad se ubican entre un 30% hasta 60% además señalan las altas incidencias en plantaciones de cacao escasas de prácticas agronómicas principalmente de la poda de mantenimiento y conformación.

Ramos, (2017) describe que *Phytophthora palmivora* fue inicialmente descrita por Butler en 1907 como *Pythium palmivora*, y posteriormente fue reclasificada por el mismo autor como *P. palmivora* en 1909. Esta especie afecta principalmente al cacao, palma de coco, papaya, higo y cítricos. *P. palmivora* se desarrolla en un rango de temperaturas de 11 a 35 °C, con una temperatura óptima entre 27 y 32 °C. Sus hifas son uniformes, cenocíticas y ramificadas de forma moderada, generalmente con un diámetro inferior a 5 µm. En medios de cultivo, forma colonias circulares uniformes con una ligera radiación. Los esporangios tienen forma ovalada u obpiriforme, miden más de 75 µm, con un promedio de 4-75 µm, y presentan una papila conspicua de más de 3.5 µm. Con frecuencia, esta especie produce abundantes clamidosporas de diámetro inferior a 25 µm, que

pueden ser esféricas o subesféricas de 25-35 μm o mayores a 35 μm , con una pared de 2-3 μm , a menudo localizadas lateralmente y sésiles. En términos sexuales, los aislamientos de esta especie se comportan de forma heterotálica, con oogonios globosos de 20-42 μm de diámetro y oosporas pleróticas con una pared de 2 μm . También presenta anteridios anfígenos, que son esféricos u ovoides y miden aproximadamente 15 x 14 μm . En cultivos apareados, abundan cuando se aíslan de compatibilidad opuesta (A1 y A2). *Phytophthora palmivora* tiene una amplia distribución en regiones tropicales con climas cálidos y altos niveles de lluvia. Se ha reportado su presencia en países productores de cacao en Asia, África, Islas del Caribe, América Central y Sudamérica. En México, solo se ha informado de su presencia causando daños en plantaciones de cacao cercanas a la frontera con Guatemala, en Chiapas.

2.2.4 El Control biológico y alternativas naturales

El uso de antagonistas, según Peñaherrera, (2013) como método de control biológico de enfermedades en plantas ha generado un creciente interés. Esta alternativa de control está adquiriendo cada vez más relevancia en la agricultura a nivel global, debido a que el control químico resulta con frecuencia ineficaz contra este tipo de patógenos y los productos químicos son cada vez más costosos y difíciles de obtener. Además, en muchos casos, el uso de productos químicos causa desequilibrios en el ecosistema, lo que resulta en la contaminación del ambiente y de los alimentos, lo cual es aún más preocupante

Se han explorado alternativas naturales para el control de *Phytophthora sp.*, como el uso de extractos naturales de hojas de *Rosmarinus officinalis* (romero) y Lavándula (lavanda), los cuales han demostrado reducir la germinación de las zoosporas de *P. palmivora* y *P. megakarya*, Widmer y Laurent (como se citó en Cedeño, *et al.*, 2020).

Se ha observado que la aplicación de hongos como *Aspergillus flavipes* disminuye la incidencia de *Phytophthora parasitica* (El-Sayed y Ali, 2020) (*traducido del inglés*).

En ensayos de laboratorio con *Trichoderma*, se ha comprobado la presencia de compuestos orgánicos volátiles que inhiben el crecimiento micelial de *P. infestans*. Sin embargo, estudios de aplicación en campo con *T. asperellum* PR11 han revelado incidencias de *P. megakarya* del 47.1%, lo que indica la necesidad

de integrar otros métodos de control, Elsherbiny *et al.*, (como se citó en Cedeño, *et al.*, 2020).

Los suelos agrícolas albergan una alta diversidad microbiana, y ciertas bacterias asociadas a las raíces, conocidas como Rizobacterias Promotoras del Crecimiento en Plantas (PGPR), juegan un papel importante en la defensa de las plantas. Estas rizobacterias secretan compuestos volátiles como cianuro de hidrógeno (HCN), proteasas (PR), pirrolnitrina (Prn) y ácido fenazina-1-carboxílico (PCA), los cuales protegen a las plantas de problemas fungales.

Anand *et al.*, (2020) informan que algunas cepas, como *Pseudomonas putida* R32 y *P. chlororaphis* R47, productoras de HCN, han demostrado actividad antagónica *in vitro* contra *P. infestans*.

Boudjeko *et al.*, (2017) observó en ensayos de aplicación de *Streptomyces cameroonensis* en plantaciones de cacao, que este microorganismo promueve el desarrollo de las plantas y las protege de *P. megakarya*.

Las PGPR en las plantas también promueven la resistencia sistémica inducida (ISR). Se ha demostrado que la ISR mediada por PGPR suprime eficazmente varios patógenos fúngicos al activar rápidamente y de manera coordinada los genes de defensa en plantas que normalmente son susceptibles a dichos patógenos Goswami *et al* (como se citó en Cedeño, *et al.*, 2020).

2.2.5 El manejo integrado de enfermedades del cacao

Irwin, (citado en Jaimes y Aranzazu, 2016) destaca que el manejo integrado de plagas (MIP) se basa en la combinación de principios que abarcan aspectos ecológicos, económicos y teorías sociológicas. El MIP puede definirse como un sistema integral que tiene en cuenta la dinámica poblacional de la plaga o patógeno en el contexto del medio ambiente. Este enfoque utiliza todas las técnicas y métodos adecuados y compatibles para mantener las poblaciones de la plaga o patógeno por debajo de niveles que causen daño económico. Además, los métodos utilizados para reducir las plagas deben ser económicamente viables y respetuosos con el medio ambiente. En la práctica, el MIP tiene como objetivo reducir la aplicación de pesticidas en áreas donde se utilizan comúnmente.

La propagación y dispersión de las epidemias también están influenciadas por las características intrínsecas de susceptibilidad del huésped. En el caso de las plantaciones de cacao en Colombia, se ha informado que el clon ICS 95 muestra resistencia a varias cepas de *M. royeri*, mientras que el clon CCN51 es

moderadamente resistente al mismo patógeno en tres regiones del país, incluyendo la región del Orinoco en Colombia. Por otro lado, se ha observado que el clon ICS95 es susceptible, y el clon CCN51 es altamente susceptible a *Phytophthora spp.* Esta situación ha llevado a un aumento en el uso del clon CCN51 en el establecimiento de nuevas plantaciones en todo el país (Cárdenas, Darghan y Sosa, 2017).

Bajo las condiciones en medio de cultivo en laboratorio, todos los fungicidas de base mineral evaluados inhibieron el crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora*, debido a los efectos tóxicos de los minerales en su composición y cambios en el medio de cultivo incluyendo en el pH.

Ramos, (2020) explica que bajo condiciones de campo semicontroladas, los fungicidas minerales Polisulfuro de Calcio y Silicio Sulfuro de Calcio no demostraron efectos preventivos en el control de *P. palmivora*, ya que presentaron porcentajes de incidencia y severidad de daños en los frutos de cacao similares al grupo de control sin tratamiento. Sin embargo, la aplicación preventiva de una mezcla formulada de minerales (Ca, Cu, Mg, Si) redujo de manera significativa la incidencia y severidad de *M. roreri* y *P. palmivora*, mientras que el hidróxido de cobre al 0.5% solo redujo los daños causados por *P. palmivora*. Con base en los resultados mencionados, se sugiere utilizar la formulación de mezcla mineral (Ca, Cu, Mg, Si) y el hidróxido de cobre para el control preventivo de *M. roreri*, y solo la formulación de mezcla mineral (Ca, Cu, Mg, Si) para el control de *P. palmivora*. Es importante destacar que las recomendaciones para el uso de estos productos como medidas de control contra la mazorca negra y la moniliasis del cacao deben ir acompañadas de otras prácticas, como la eliminación de residuos vegetales, la poda y otras técnicas de manejo integrado, con el objetivo de reducir la incidencia de estas enfermedades.

La misma fuente citada en el párrafo anterior adiciona que en condiciones de cultivo en laboratorio, se observó que todos los fungicidas de base mineral evaluados inhibieron el crecimiento micelial de *M. roreri* y *P. palmivora*. Esto se debe a los efectos tóxicos de los minerales presentes en su composición y a los cambios en el medio de cultivo, incluyendo el pH. Sin embargo, en condiciones semicontroladas de campo, los fungicidas minerales Polisulfuro de Calcio y Silicio Sulfuro de Calcio no mostraron efectos preventivos en el control de *P. palmivora*, ya que presentaron porcentajes de incidencia y severidad de daños en los frutos de cacao similares al grupo de control sin tratamiento. En cambio, la formulación

preventiva de la mezcla mineral (Ca, Cu, Mg, Si) redujo significativamente la incidencia y severidad tanto de *M. roreri* como de *P. palmivora*, y el hidróxido de cobre al 0.5% solo redujo los daños causados por *P. palmivora*.

2.2.6 Características y beneficios del *Trichoderma harzianum*

Las investigaciones sobre diversos géneros de hongos y bacterias dentro de los microorganismos endofíticos para el control de las principales enfermedades en el cultivo de cacao han identificado a *Clonostachys spp.*, *Bacillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Gliocladium spp.*, *Pseudomonas spp.*, entre otros. De este grupo heterogeneo, *Trichoderma spp.* ha recibido una mayor atención debido a sus diversos mecanismos de acción, como el parasitismo, la competencia, la antibiosis, la inducción de resistencia a enfermedades, la promoción del crecimiento y la resistencia a la sequía. Además, se destaca su estrecha relación con el cultivo de cacao (Guerrero, *et al.*, 2020).

Un estudio realizado por Rivas-Cordero y Pavone-Maniscalco en el 2010 (citado por Torres-De La Cruz *et al.*, 2015) investigó la diversidad de *Trichoderma/Hypocrea* en el agroecosistema del cacao utilizando tanto la morfología como la secuencia de genes. Estos investigadores evaluaron la variedad de especies de *Trichoderma* presentes en la rizósfera de plantas de *T. cacao* L. en el estado de Carabobo, Venezuela. *Trichoderma/Hypocrea* es un género de hongos que se encuentra en todo el mundo y que habita en suelos, madera en descomposición y restos de plantas. Varias especies de este género están asociadas con la rizósfera de las plantas o pueden tener una relación endofítica con ellas. Estos hongos son componentes dominantes de la microbiota del suelo en diversos ecosistemas, incluyendo los agrícolas. Algunas especies de este género tienen importancia económica debido a su capacidad para producir enzimas y antibióticos. Además, se utilizan como agentes de control biológico de enfermedades vegetales y como estimuladores del crecimiento de las plantas.

Reyes-Figueroa *et al.*, (2016) reportan que entre los hongos biocontroladores con mayores estudios relacionados con el manejo de enfermedades del cacao, se destaca el género *Trichoderma* el cual se utiliza en aplicación en mezcla con adherentes, demostrando un gran potencial de control sobre *M. roreri*, *Phytophthora megakarya* Brassier & Griffin y *Phytophthora palmivora* E. J. Butler.

En el mismo sentido, Mbarga *et al.* (citado por Terrero Yépez *et al.*, 2018) demostraron que aplicaciones de *Trichoderma asperellum* Samuels *et al.* En combinación con aceites vegetales lograron una larga protección contra *P. megakarya* de hasta el 60 % de las mazorcas sanas, luego de tres aplicaciones, durante 3 semanas.

Mbarga *et al.*, (2014) reporta que el éxito obtenido en el control biológico mediante el uso de agentes antagónicos contra patógenos vegetales ha dado lugar a la producción y registro de diversos productos destinados a este tipo de control. Varias especies de Trichoderma, como *T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. polysporum*, *T. viride* y *T. virens*, han sido utilizadas exitosamente como agentes de control biológico contra una amplia gama de hongos fitopatógenos. Además, se está investigando el potencial de las especies de Trichoderma como agentes de control biológico de enfermedades específicas del cacao, como la escoba de bruja (causada por *Moniliophthora perniciosa*), la pudrición helada de la vaina (causada por *Moniliophthora roreri*) y la enfermedad de la vaina negra (causada por *Phytophthora spp.*).

García *et al.*, (2017) explican en detalle sobre la caracterización morfológica de las cepas autóctonas de Trichoderma las cuales presentaron una densa formación micelial de textura esponjosa y se observaron de dos a tres anillos concéntricos bien definidos, los cuales tenían un color blanco (representando el micelio) y verde (representando las conidias). Algunas cepas mostraron una pigmentación amarilla junto con los anillos concéntricos, mientras que otras no presentaron los anillos y el micelio se distribuyó de manera uniforme en las placas. La pigmentación de las conidias varió desde un verde claro hasta un verde oscuro, y aunque todas las cepas eran de la misma localidad, presentaron diferencias en la pigmentación. La forma y la cantidad de conidiación observada en las placas pueden ser influenciadas por factores estresantes como la exposición a la luz, la falta de nutrientes o cambios en el pH. La forma y la pigmentación del micelio observadas en las cepas autóctonas coinciden con las características del género Trichoderma según los criterios de identificación taxonómica establecidos por Barnett y Hunter (1972). Estas características difieren entre las cepas y no se asemejan entre sí, lo que dificulta su agrupación y la definición de especies basándose únicamente en estos datos.

Los resultados de las observaciones microscópicas de *Trichoderma* mostraron que ciertas cepas presentaban conidias ligeramente ovoides dispuestas en grupos de 4 a 6 en forma de roseta, abundantes clamidosporas globosas, fiálides apicales dispuestas en verticilos cruzados en grupos de 3 a 4, ornamentación finamente espinosa y conidióforos ramificados. También se encontraron conidias u ovaladas y fiálides en parejas o grupos de tres a lo largo del conidióforo, más anchas en el centro que en la base. Estas características permiten clasificarlas como *T. asperelloides*. Otras cepas mostraron hifas hialinas, conidióforos largos con ramificaciones, fiálides anchas en el centro y alargadas en la base, agrupadas piramidalmente, y conidias globosas de pared lisa, así como abundantes clamidosporas terminales. Estas características indican una relación más cercana a *Hypocrea*. Debido a que las características morfológicas macroscópicas y microscópicas son variables, no son suficientes para diferenciar entre especies de manera precisa. Es importante destacar que el diagnóstico de especie basado únicamente en características morfológicas puede llevar a errores, como se ha evidenciado en algunos estudios donde se caracterizaron molecularmente cepas que habían sido clasificadas morfológicamente como *T. longibranchiatum* y se descubrió que eran en realidad *T. asperellum*, García *et al.*, (2017).

La misma fuente, García *et al.*, (2017), acota que para la caracterización molecular de *Trichoderma*, se debe ampliar la región ITS1-ITS4 del ADN ribosómico nuclear utilizando los iniciadores comerciales ITS1f (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4r (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Estos iniciadores deben garantizar la amplificación de un fragmento de 600 pb en la electroforesis en gel de agarosa en caso de que la especie a identificar sea positiva.

2.3 Marco legal

La actual investigación se acopla al Plan Nacional del Buen Vivir en el objetivo 6 **Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el "Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida" de Ecuador**, ajustado a las políticas y lineamientos estratégicos número 6.1 en donde se impulsa a fomentar el trabajo y el empleo digno con énfasis en zonas rurales, potenciando las capacidades productivas, combatiendo la precarización y fortaleciendo el apoyo focalizado del Estado e

impulsando el emprendimiento (Constitución de la República del Ecuador, 2017).

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

Artículo 281. La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado:

5. Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores y productoras, facilitándoles la adquisición de medios de producción.

8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de las innovaciones tecnológicas apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria.

13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos (Asamblea Constituyente, 2009).

Constitución Política de la República del Ecuador

De acuerdo a la Carta Magna de la República del Ecuador emitida en el año 2008 en el cantón Montecristi, manifiesta lo siguiente:

Art. 25.- Las personas tienen derecho a gozar de los beneficios y aplicaciones del progreso científico y de los saberes ancestrales. En el capítulo cuarto **de Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades**

Art 57 menciona que:

No ser desplazados de sus tierras ancestrales.

12. Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agro biodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora. Se prohíbe toda forma de apropiación sobre sus conocimientos, innovaciones y prácticas.

13. Mantener, recuperar, proteger, desarrollar y preservar su patrimonio cultural e histórico como parte indivisible del patrimonio del Ecuador. El Estado proveerá los recursos para el efecto (Asamblea Constituyente, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada y permitió evaluar el efecto del *Trichoderma harzianum* como agente de control biológico sobre el patógeno *Phytophthora palmivora* en plantas de cacao CCN 51 en condiciones reales de la zona de El Guabo. El nivel de conocimiento de la investigación fue exploratorio, descriptivo, y explicativo.

3.1.2 Diseño de investigación

Se empleó un diseño de investigación de tipo experimental de campo, para lo cual se evaluó algunas variables que permitieron cumplir a cabalidad los objetivos planteados.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyeron las siguientes variables.

3.2.1.1. Variable independiente

La variable independiente que es el factor a manipular la constituyó el tratamiento a evaluar, en este caso:

La aplicación del hongo benéfico *T. harzianum*

3.2.1.2. Variable dependiente

Las variables de respuesta fueron:

- **La incidencia en campo**

Para valorar esta variable se consideró el total de mazorcas maduras a partir de las cuales se determinó el número de mazorcas afectadas. El dato se obtuvo por la expresión:

$$I = \frac{\text{No. mazorcas afectadas}}{\text{No. mazorcas totales}} \times 100$$

Donde:

I= Incidencia

Las aplicaciones del biocontrolador se realizaron cada 15 días y la toma de los datos en igual frecuencia.

El control químico se empleó según las recomendaciones del fabricante.

- Severidad en campo

Esta variable consideró el grado de afectación de *M. royeri* en las mazorcas. Para esto también se consideró el total de mazorcas maduras (a cosechar) en las cuales se observó la magnitud de la afectación utilizando la respectiva escala y este dato se tomó cada 8 días durante 4 semanas. El dato se obtuvo con la expresión:

$$S = \frac{\sum niGi}{n}$$

Donde:

S= severidad

n_i = Número de mazorcas afectadas dentro de un valor de escala dado

G_i = Escala

n= Total mazorcas muestreadas

Para la evaluación de esta variable se empleó la siguiente escala de severidad expresada en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala de severidad para *P. palmivora*

Valor	% infectación interna	Descripción del estado de la mazorca
0	0	Fruto sano
1	1 a 20	Presencia de punto aceitoso (hidrosis)
2	21 a 40	Presencia de tumefacción y/o madurez prematura
3	41 a 60	Presencia de mancha oscura
4	61 a 80	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha oscura
5	> 81	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha oscura

Elaborado por la Autora: 2024

- Número de mazorcas por planta

Se contabilizó el número de mazorcas totales por unidad experimental y que al final se reportó por plantas.

- Peso de 100 granos de cacao

Esta variable se valoró por triplicado en cada unidad experimental, seleccionando 100 granos secos que fueron pesados en una balanza digital y el resultado se expresó en gramos.

- Rendimiento

Considerando dos cosechas consecutivas, luego de sesenta días de iniciado el experimento, se seleccionó las mazorcas fisiológicamente maduras de cada unidad experimental y desde donde el dato se reportó como kg/ha de granos secos.

3.2.2 Tratamientos

Según la investigación, se planteó el siguiente esquema investigativo:

Un tratamiento con *Trichoderma harzianum* para lo cual se aplicó el biocontrolador de forma directa en las plantas de cacao afectadas por *Phytophthora palmivora*. El otro fue un tratamiento químico convencional utilizando Azoxystrobin 250 SC en presentación comercial y se aplicó según las indicaciones técnicas establecidas. Finalmente, un tratamiento de control sin ninguna aplicación. Las aplicaciones del biocontrolador se llevó a cabo cada 15 días empleando una bomba de fumigación manual de 20 litros de capacidad, mientras que la aplicación del tratamiento químico fue cada 30 días. El número estimado de aplicaciones del *Trichoderma harzianum* fue de 4 durante la fase experimental mientras que el Azoxystrobin fue apenas de 2 fumigaciones.

La distribución de los tratamientos se presenta en la Tabla 2 a continuación:

Tabla 2. Distribución de los tratamientos en el control de *Phytophthora palmivora*

No.	Tratamiento	Dosis
T1	Biotrich (<i>Trichoderma harzianum</i>)	100 g/Ha
T2	Azoxystrobin 250 SC	0.5 L/Ha
T3	Control	-

Elaborado por: la Autora 2024

3.2.3 Diseño experimental

Según el planteamiento de la investigación, el diseño que se aplicó es el diseño de bloques completos al azar con 7 repeticiones o bloques cada uno. Cada unidad experimental tuvo un ancho de 9 metros y una longitud de 12 metros; delimitando un total de 12 plantas. La delimitación del ensayo puede observarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Delimitación del experimento

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	7
Ancho de parcela	9 m
Longitud de parcela	12 m
Número de plantas por parcela	12
Número de plantas por área útil	2
Área total del ensayo	2268 m ²

Elaborado por: la Autora 2024

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

El desarrollo del trabajo experimental se llevó a cabo en una plantación familiar de cacao CCN-51.

Se utilizó:

- Biotrich ® (*Trichoderma harzianum*) presentación 500 g. en polvo (conidias)
- Azoxystrobin 250 sc ®
- Bomba de fumigar (CP3-20 L de capacidad)
- Balde plástico (20 L de capacidad)
- Machete
- Lupa
- Cinta métrica
- Libreta de campo

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Los registros de los datos de cada variable a estudiar se llevaron a cabo semanalmente a partir de la floración de las plantas. En este momento se realizó la aplicación de los tratamientos biológico y químico respectivamente. Se tomó datos durante 2 meses. Los datos fueron registrados en la libreta de campo. Se consideró como parcela experimental a un área de 100 m² por tratamiento por repetición. El total del área experimental fue de 900 m². La plantación de cacao tiene aproximadamente 15 años de edad y forma parte de una finca de 80 Has.

Para la confirmación de la presencia del patógeno *P. palmivora* se recurrió al empleo de la metodología de los postulados de Koch (Volcy, 2008) en el laboratorio.

3.2.5 Análisis estadístico

Los datos se valoraron mediante el análisis de varianza (ANOVA) y el test de Tukey, ambos considerando una probabilidad del error tipo I del 5%. Para este análisis se utilizó el software Infostat. El modelo de ANOVA se detalla en la Tabla

Tabla 4. Modelo de análisis de varianza del ensayo

Fuente de variación	Grados de libertad
Total (tr-1)	20
Tratamientos (t-1)	2
Repeticiones (r-1)	6
Error experimental (t-1) (r-1)	12

Elaborado por: la Autora 2024

4. Resultados

Analizar el efecto del *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia y severidad de *P. palmivora* en plantas de cacao CCN 51 a nivel de campo

En la Tabla 5 se aprecia los resultados de la incidencia de la enfermedad denominada Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*) en cacao. En los datos analizados, mediante la prueba de Tukey, se destaca que no se detectó significancia en las medias de los tratamientos. En los resultados se observa que el T1 (Biotrich) presentó una incidencia de 28.77% mientras que el T2 (Azoxystrobin 250 SC) fue de 20.13% mientras que el testigo apenas fue de 19.34%.

El coeficiente de variación calculado a partir de la transformación de los datos alcanzó un valor de 21.40%.

Tabla 5. Incidencia de la enfermedad Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*) en cacao

No.	Tratamientos	Incidencia
T1	Biotrich (<i>Trichoderma harzianum</i>)	28.77a
T2	Azoxystrobin 250 SC	20.13a
T3	Control	19.34a
	CV (%)	21.40

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

Aplicaciones realizadas a los 8 días después de la aplicación (dda)

Elaborado por: la Autora 2024

En la Tabla 6 se aprecia los resultados de la severidad de la enfermedad denominada Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*) en cacao. En los datos analizados y transformados, se destaca que no se detectó significancia en las medias de los tratamientos a los 8 días. El coeficiente de variación (CV) calculado fue de 25.14%. A los 15 días de evaluada la severidad tampoco se detectó significancia estadística. El CV observado fue de 29.97%. A los 22 días si se encontró diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos siendo el T1 (Biotrich) el de mejor comportamiento (0.87) al presentar la más baja severidad, mientras la más alta correspondió al tratamiento control con una severidad de 1.10. El coeficiente de variación detectado fue de 13.66%. A los 29 días se encontró que el T2 (Azoxystrobin) logró la más baja severidad con 0.89 siendo similar estadísticamente al T1 (Biotrich) con 0.97. Contrariamente el control presentó el valor más alto (1.14). El coeficiente de variación calculado a partir de la transformación de los datos alcanzó un valor de 12.47%.

Tabla 6. Severidad de la enfermedad Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*) en cacao a los 8, 15, 22 y 29 días después de la aplicación

No.	Tratamientos	8 días	15 días	22 días	29 días
T1	Biotrich (<i>Trichoderma harzianum</i>)	0.93a	1.04a	0.87a	0.97a
T2	Azoxystrobin 250 SC	1.09a	1.05a	0.96ab	0.89a
T3	Control	1.15a	1.21a	1.10b	1.14b
	CV (%)	25.14	29.97	13.66	12.47

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

Aplicaciones realizadas a los 8 días después de la aplicación (dda)

Elaborado por: la Autora 2024

En la Tabla 7 se exhiben los resultados de los promedios de mazorcas de cacao por planta por tratamiento donde se encontró significancia ($p < 0,05$) entre las medias analizadas según el test de Tukey. El T1 (Biotrich) presentó la mayor cantidad de mazorcas (70.86) seguido del control con 66.86 mazorcas y el T2 (Azoxystrobin) con 45.14. El coeficiente de variación calculado fue de 20.17%. Cabe recalcar que estos datos se analizaron de un promedio de 10.54 plantas con una media de producción de 5.95 mazorcas por planta (Ver Tabla 13 en el anexo).

Tabla 7. Número de mazorcas de cacao por planta

No.	Tratamientos	Mazorcas
T1	Biotrich (<i>Trichoderma harzianum</i>)	70.86a
T2	Azoxystrobin 250 SC	45.14b
T3	Control	66.86a
	CV (%)	20.17

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

Escala de Stover, (1980)

Aplicaciones realizadas a los 8 días después de la aplicación (dda)

Elaborado por: la Autora 2024

En la Tabla 8 se aprecia los resultados de Peso de 100 granos secos de cacao. El T1 (Biotrich) alcanzó los 152 gramos en el peso de 100 granos. El T2 (Azoxystrobin) logró 104.6 gramos y el tratamiento control (T3) llegó a pesar 127 gramos. El coeficiente de variación calculado fue de 34.79%.

Tabla 8. Peso de 100 granos secos de cacao

No.	Tratamientos	Peso en gramos
T1	Biotrich (<i>Trichoderma harzianum</i>)	152.6a
T2	Azoxystrobin 250 SC	104.6a
T3	Control	127.0a
	CV (%)	34.79

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

Aplicaciones realizadas a los 8 días después de la aplicación (dda)

Elaborado por: la Autora 2024

- Examinar los efectos del *T. harzianum* sobre el fruto de cacao Laboratorio

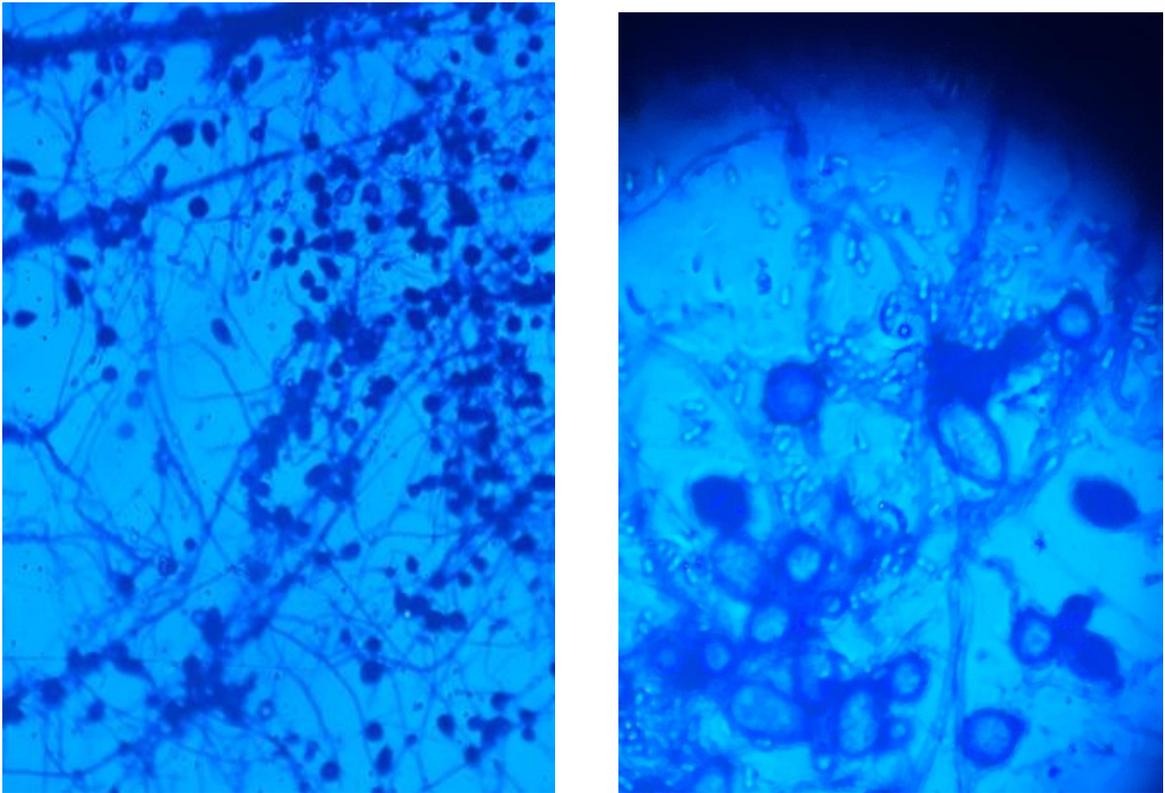


Figura 1. Tinción con azul de lactofenol de cuerpos fúngicos de *P. palmivora* observado mediante microscopía óptica con lente de 40x a partir de crecimientos de muestras de mazorcas de cacao Robles, 2023

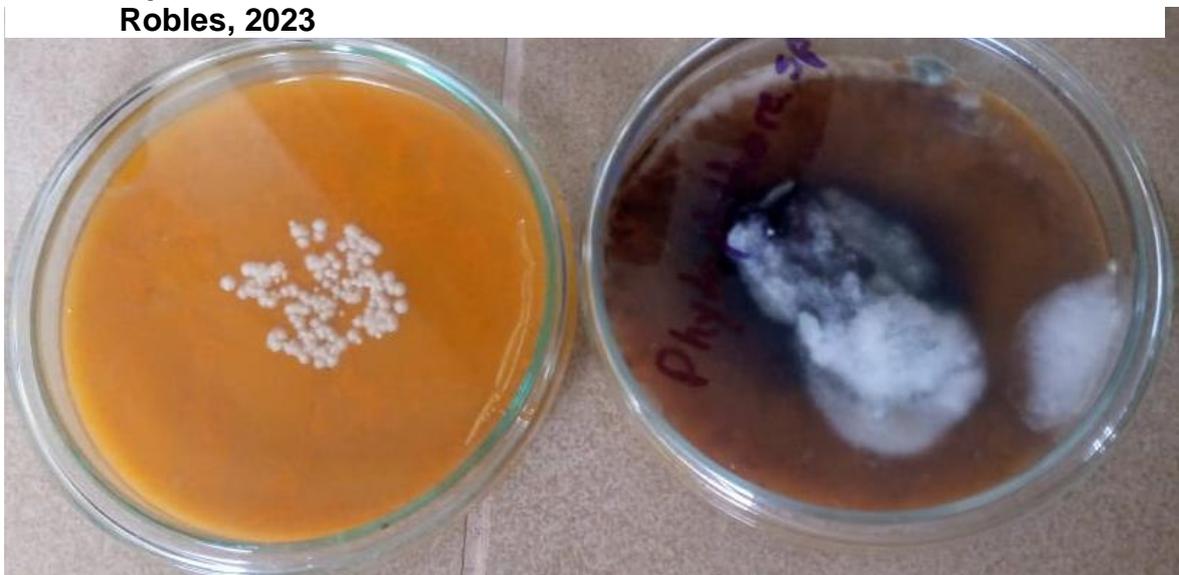


Figura 2. Crecimientos de cuerpos fúngicos de *P. palmivora* en medio PDA medicado con Ampicilina y Rifaximina 500 mg/L⁻¹ a partir de muestras de mazorcas de cacao

Los síntomas incluyeron lesiones en la mazorca, parecidas a pequeñas manchas acuosas y bastante oscuras, que luego se expandieron y se toman de color marrón oscuro

o negro. Estas lesiones lograron cubrir gran parte de la superficie de la mazorca ocasionando su descomposición progresiva del tejido momificando la misma con un aspecto de mazorca podrida. Adicionalmente se formaron estructuras miceliares blanquecinas a beige claras. De acuerdo con la literatura revisada, estas características son similares entre *P. palmivora*, *P. capsici* y *P. megakarya*.

Las mazorcas analizadas en el laboratorio provenientes de la plantación bajo estudio presentaron necrosis entre de longitudes entre 400 y 480 mm a los 3-4 días de inoculado el hongo. Las mazorcas en un lapso de 12 días presentaron las manchas características observándose un crecimiento de las manchas (lesiones) de entre 8-10 mm por día.

- **Identificar el tratamiento de mayor utilidad económica aplicando el método del presupuesto parcial del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT)**

En la Tabla 9 se muestra el análisis económico del ensayo donde se observa que el tratamiento con el biocontrolador presenta el menor costo variable (10.2 usd) y el mayor beneficio neto (440.6 usd), mientras que el tratamiento con el químico (Azoxystrobin), contrariamente presenta un mayor costo variable (11.3 usd) y un menor beneficio neto (439.6 usd). El testigo, sin costos variables relacionados con la aplicación de insumos, presenta un mayor beneficio neto (450.8 usd).

Tabla 9. Análisis económico del ensayo de cacao mediante el método del presupuesto parcial ((CIMMYT, 1988)

PRESUPUESTO	TRATAMIENTOS		
	1	2	3
Rendimiento medio (kg/ha)	454,0	454,0	454,0
Rendimiento ajustado (kg/ha)	136,2	136,2	136,2
Beneficios brutos de campo (\$/ha)	450,8	450,8	450,8
Costo de aplicación de insumos (\$/ha)	3,8	3,8	0,0
Costo del producto(\$/ha)	6,5	7,5	0,0
Total variables (\$/ha)	10,2	11,3	0,0
Beneficios netos ((\$/ha)	440,6	439,6	450,8

Elaborado por: la Autora 2024

5. DISCUSIÓN

Los resultados encontrados no mostraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Se destaca que el tratamiento T1 (Biotrich) exhibió una incidencia promedio del 28.77%, mientras que el tratamiento T2 (Azoxystrobin 250 SC) mostró un promedio del 20.13%, y el grupo de control apenas alcanzó el 19.34%. El coeficiente de variación, obtenido a partir de la transformación de los datos, mostró un valor del 21.40%. Estos resultados sugieren una relativa consistencia en los niveles de incidencia de la enfermedad entre los tratamientos evaluados.

Comparativamente, en un estudio realizado por Vélez Balderramo y Almeida Vera, (2023), se examinó la efectividad de varios fungicidas químicos, entre ellos Azoxystrobin para controlar *Phytophthora palmivora* en cultivos de cacao. Los resultados revelaron. Los resultados mostraron una diferencia significativa en la disminución de la severidad y la incidencia de la enfermedad entre los tratamientos evaluados, mostrando una mayor productividad del cultivo de cacao por las aplicaciones del fungicida sistémico logrando una mayor producción en los lotes estudiados. Estas diferencias resaltan la importancia de la selección precisa de tratamientos fungicidas en la gestión de la Mazorca Negra en cultivos de cacao.

Se destaca que el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (Biotrich) muestra un mejor comportamiento en términos de biocontrol del patógeno *P. palmivora*, evidenciado a los 22 días una menor severidad registrada (0.29). El tratamiento T2 (Azoxystrobin) también demuestra un interesante nivel de control a los 29 días, con una severidad de 0.33. Estos resultados indican la relevancia de la evaluación a lo largo del tiempo para comprender completamente la eficacia de los tratamientos.

Es importante mencionar que los resultados muestran que, numéricamente, el tratamiento T1 (Biotrich) exhibe la mayor cantidad de mazorcas en diferentes periodos, lo que sugiere un posible impacto positivo en la producción de cacao.

Los resultados encontrados podrían deberse a factores como la variabilidad en las condiciones ambientales, las prácticas agrícolas empleadas o las distintas formulaciones de los fungicidas utilizados. Estas diferencias resaltan la necesidad de llevar a cabo más investigaciones para entender completamente la efectividad

de los tratamientos en el control de la *P. palmivora* y las otras especies capsici y megakarya en cacao.

Los resultados obtenidos en este estudio en comparación con investigaciones previas (Terrero *et al.*, 2018) refuerzan la consistencia de los hallazgos. Vale destacar que se ha informado que la mezcla de *Trichoderma spp.*, agua, suelo esterilizado y ceniza redujo un 11 % la incidencia de moniliasis en plantas de cacao.

Coincidentemente, se ha demostrado un alto control de *Phytophthora megakarya* con la formulación de *T. asperellum* utilizando aceites vegetales y en otros estudios también respaldan la efectividad de *Trichoderma spp.* en la reducción de la incidencia y severidad de enfermedades en el cacao (Peñaherrera *et al.*, 2020).

Los síntomas descritos son consistentes con la "pudrición de la mazorca" causada por *Phytophthora sp.* La enfermedad se manifiesta con las lesiones iniciales que se asemejan a manchas acuosas oscuras en la mazorca, las cuales se extienden y adquieren un color marrón oscuro o negro a medida que la infección avanza. Estas lesiones suelen cubrir una parte significativa de la superficie de la mazorca, causando una descomposición gradual del tejido y dándole un aspecto de mazorca podrida. La presencia del patógeno está limitado o favorecido por las condiciones ambientales apropiadas para su crecimiento como la temperatura, la humedad ambiental y la susceptibilidad del material de cacao a esta enfermedad. Adicionalmente, la presencia de estructuras miceliales blanquecinas o beige claro en la superficie de las mazorcas podrían indicar la presencia de otros hongos también patógenos debido a las características de la proliferación fúngica en las plantaciones de cacao. En efecto en las observaciones mediante microscopía se detectó la presencia de cuerpos fúngicos de *Monilliophthora sp.* y *Fusarium sp.*

En efecto, Cedeño *et al.*, (2020) destacan que el nivel de infección ocasionado por *Phytophthora spp.* en las mazorcas de CCN-51 mostró ser agresivo, evidenciándose índices de necrosis entre 130 y 190 (mm) a los 3-4 días después de la infección. Los materiales recolectados demostraron una alta virulencia con necrosis en las mazorcas entre 405 y 498 (mm) a los 5-6 días. Las condiciones de humedad durante la infección contribuyeron al progreso de la enfermedad, cubriendo por completo las mazorcas en un lapso de 10 días, y se observó un avance promedio del borde de las lesiones de aproximadamente 12

mm cada 24 horas. Durante la primera etapa de infección, se considera que las especies de *Phytophthora* son hemibiotróficas, lo que facilita la transición a una fase necrotrófica una vez que se establecen. Los autores observaron que las cepas de *Phytophthora spp.* exhibieron una alta producción de zoosporas infectivas las cuales penetran directamente al huésped mediante su apresorio, provocando así la propagación de la enfermedad.

El análisis de especies clave de *Phytophthora* en el cacao, como *P. palmivora*, *P. capsici* y *P. megakarya*, resalta diferencias en la producción de clamidosporas, siendo común en las dos primeras, pero no en *P. capsici*. En términos de esporangios, *P. palmivora* y *P. megakarya* muestran una presencia considerable en medios de cultivo, sin proliferación interna, mientras que *P. capsici* exhibe esporangios alargados con una disposición en forma de paraguas. Además, *P. citrophthora*, que causa podredumbre parda en los frutos, presenta esporangios persistentes y distintos a otras especies, siendo abundantes en medios sólidos. Estas diferencias estructurales marcan singularidades en las especies y sus patrones de desarrollo, especialmente en la formación de esporangios y su relación con enfermedades específicas como la podredumbre parda en los frutos del cacao.

Consecuentemente, Ali *et al.*, (2017) concluyeron que *P. megakarya* (*Pmeg*) y *P. palmivora* (*Ppal*) muestran adaptaciones divergentes después de la separación de su tronco evolutivo común, con *P. palmivora* existe un rango de hospederos más amplio mientras que para *P. megakarya* con uno más restringido tal como se ha identificado en países productores de cacao del continente africano. *P. palmivora* parece haber fortalecido su capacidad patogénica mediante duplicación genómica, mientras que *P. megakarya* muestra adaptaciones a través de amplificación de genes. Ambos tienen interacciones relativamente recientes con el cacao, pero se adaptan de manera diferente. *P. palmivora* parece ser un patógeno generalista, mientras que *P. megakarya* ha amplificado genes específicos para su virulencia.

El análisis económico presentado utilizando el método de los presupuestos parciales del CIMMYT proporciona información valiosa sobre la eficiencia financiera de los diferentes tratamientos evaluados en el ensayo. Se destaca que el tratamiento con el biocontrolador exhibe el menor costo variable (10.2 usd), lo que sugiere una alternativa económicamente viable para el control de la situación analizada.

Este resultado es relevante, considerando las crecientes preocupaciones sobre los costos de producción y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles.

Esto indica que, en coincidencia con Pilaloe *et al.*, (2021) para maximizar el beneficio del control biológico de enfermedades en el cacao, en términos económicos y de rentabilidad, como se ha demostrado en otros estudios similares, es crucial incorporar la aplicación de los antagonistas microbianos junto con prácticas preventivas para evitar la propagación de la enfermedad, además de la implementación de prácticas culturales asociadas.

Por otro lado, el tratamiento con el químico Azoxystrobin, a pesar de su eficacia en el control, presenta un mayor costo variable (11.3 usd) y un beneficio neto menor (439.6 usd). Esto plantea algunas prerrogativas sobre la relación entre la inversión en productos químicos y los rendimientos económicos, lo que puede tener implicaciones tanto económicas como ambientales.

En efecto, IICA, (2022) propone la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) de manera integral, abordando aspectos relacionados con la gestión medioambiental, así como la salud y seguridad de los trabajadores

Es interesante notar que el testigo, que no involucra costos variables relacionados con la aplicación de insumos, presenta el mayor beneficio neto (450.8 usd). Esto podría indicar que, de acuerdo con Parada y Veloz, (2021) en ciertos casos, la intervención química y biológica puede no ser necesaria o podría requerir una evaluación más detallada en términos de rentabilidad.

6. CONCLUSIONES

Los resultados y la discusión de los mismos permiten plantear las siguientes conclusiones:

Se observó que la aplicación de *T. harzianum* no tuvo un efecto significativo en la disminución tanto de la incidencia como de la severidad de *P. palmivora* en las plantas de cacao CCN 51 a nivel de campo. Sin embargo, su uso sugiere un potencial prometedor para el control biológico de esta enfermedad en condiciones de campo. La presencia del biocontrolador mostró efectos favorables sobre la calidad del fruto de cacao. Se observaron frutos con una menor incidencia de daños y una calidad general superior, lo que podría insinuar una mejora en la producción y comercialización del cacao.

La descripción de los síntomas de la pudrición de la mazorca causada por *Phytophthora sp.* evidencia la presentación típica de lesiones que van desde manchas acuosas oscuras hasta una coloración marrón oscuro o negro, sumado a la presencia de estructuras miceliares lo que sugiere la existencia de otros hongos patógenos, añadiendo complejidad a la enfermedad. Los hallazgos resaltan la importancia de entender las variaciones patogénicas y las adaptaciones de las especies de *Phytophthora* para abordar de manera eficiente las enfermedades en el cacao.

El análisis económico resalta la importancia de considerar tanto la eficacia como la eficiencia en el control como los costos asociados al seleccionar estrategias agrícolas de control de enfermedades, hay que considerar las implicaciones ambientales y no sólo económicas.

A partir de los resultados encontrados, la discusión planteada y las conclusiones expuestas se acepta la hipótesis nula “La aplicación de *T. harzianum* en el control *in situ* de *P. palmivora* en cacao CCN 51 en El Guabo, provincia de El Oro, reduce la incidencia y severidad de la enfermedad en las plantas de cacao y mejore la calidad del fruto en comparación con las plantas de cacao no tratadas”.

7. RECOMENDACIONES

Frente a las conclusiones expresadas se espera fortalecer el uso efectivo del biocontrolador en el manejo de la enfermedad causada por *Phytophthora palmivora* en cacao CCN 51 en la zona de estudio y se proponen las siguientes recomendaciones:

Promover el uso del agente biológico para el control de *P. palmivora* en plantaciones de cacao CCN 51, incentivando su aplicación como una práctica estándar. Se debe continuar investigando para optimizar las dosis, frecuencia y momentos de aplicación de *T. harzianum*.

Realizar investigaciones exhaustivas y continuas sobre la dinámica de *Phytophthora* considerando la importancia de entender las variaciones patogénicas y adaptaciones de las especies de este género en el marco de su interacción con la planta de cacao.

Evaluar no solo la eficacia inmediata en el manejo de la situación, sino también los costos a largo plazo y los posibles impactos ambientales y considerar enfoques integrados que combinen biocontroladores, químicos y prácticas culturales para optimizar tanto la eficacia como la rentabilidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., Alvarado, A., Gallardo, A. (2018). Análisis comparativo sobre la incidencia de las tres principales enfermedades en el cacao CCN-51, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien*, 12(1), 20–30. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/271/136>
- Abad A., Acuña C., Naranjo E. (2020). El cacao en la costa ecuatoriana: Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 7(7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Ali, S. S., Shao, J., Lary, D. J., Kronmiller, B. A., Shen, D., Strem, M. D., Amoako-attah, I., Akrofi, A. Y., Begoude, B. A. D., Hoopen, G. M., Melnick, R. L., Guiltinan, M. J., Tyler, B. M., Coulibaly, K., Ismae, B., Meinhardt, L. W., & Bailey, B. A. (2017). Phytophthora megakarya and Phytophthora palmivora, Closely Related Causal Agents of Cacao Black Pod Rot, Underwent Increases in Genome Sizes and Gene Numbers by Different Mechanisms. *Genome Biol.*, 1, 1–22. <https://doi.org/10.1093/gbe/evx021>
- Anand, A., Chinchilla, D., Tan, C., Mène-Saffrané, L., L'haridon, F., & Weisskopf, L. (2020). Contribution of hydrogen cyanide to the antagonistic activity of pseudomonas strains against phytophthora infestans. *Microorganisms*, 8(8), 1–10. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081144>
- Andrade, Almeida, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G C., Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n4/1390-6542-enfoqueute-10-04-00001.pdf>
- Anzules T. V., Borjas, V. R., Alvarado, H. L., & Castro-Cepero, V., Julca-Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de Moniliophthora roleri y Phytophthora spp en Theobroma cacao 'CCN-51.' *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511–520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Arvelo Sánchez Miguel Ángel, González León Diego, Maroto Arce Steven, Delgado López Tanya, M. R. P. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. In *Manual Técnico*. <https://www.academia.edu/download/56304650/CACAO.pdf>
- Benítez R. S. (2019). Evaluación in vitro del efecto supresivo de Trichoderma spp. para el control de moniliasis (Moniliophthora roleri) del Cacao (Theobroma cacao). *Tesis de Pregrado*, 70. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8171>
- Boudjeko, T., Tchinda, R. A. M., Zitouni, M., Tchatchou Nana, J. A. V., Lerat, S., & Beaulieu, C. (2017). Streptomyces cameroonensis sp. nov., a geldanamycin producer that promotes Theobroma cacao growth. *Microbes and Environments*, 32(1), 24–31. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME16095>

- Cárdenas P. N., Darghan A., Sosa R. M., R. A. (2017). Análisis espacial de la incidencia de enfermedades en diferentes genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Yopal (Casanare), Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 22(2), 209–220. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v22n2/v22n2a10.pdf>
- Cedeño M. Á., Romero, M. R., Auhing A. J., Mendoza L. A., Abasolo, F., Canchignia, H. (2020). Caracterización de *Phytophthora* spp. y aplicación de rizobacterias con potencial en biocontrol de la enfermedad de la mazorca negra en *Theobroma cacao* variedad CCN-51. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 503–512. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.05>
- Chávez, G., Olaya, L., Maza, J. (2018). Costo De Produccion De Cacao Clonal Ccn-51 En La Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 10(4), 179–185. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n4/2218-3620-rus-10-04-179.pdf>
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a parUr de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. (México D.F). <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1063>
- Companioni, B., Domínguez, G., & García, R. (2019). Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Bioteconología Vegetal*, 19(4), 237–248. <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v19n4/2074-8647-bvg-19-04-237.pdf>
- Delgado M. L., y B. C. M. (2021). Inducción de resistencia en tomate (*Solanum lycopersicum* L .) y antagonismo de *Trichoderma viride* contra *Fusarium oxysporum* Resumen Introducción Materiales y métodos. *Acta Agronómica*, 101–106. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v70n1/0120-2812-acag-70-01-101.pdf>
- Duarte I. Y., Pozo M. L., M. C. B. (2018). Antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislamientos de *Fusarium* spp. procedentes de garbanzo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(2), 1–10. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v33n1/rpv05118.pdf>
- El-Sayed, A. S. A., & Ali, G. S. (2020). *Aspergillus flavipes* is a novel efficient biocontrol agent of *Phytophthora parasitica*. *Biological Control*, 140(March 2019). <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104072>
- El Salous, A., Martillo García, J., Gómez Vargas, J., & Martínez Alcivar, F. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(3), 368–380. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i3.33375>
- García N. H., Martínez C. Á., Hermosa P. M., Monte V. E., A. O. C. G. E. C. (2017). Caracterización morfológica y molecular de cepas nativas de *Trichoderma* y su potencial de biocontrol sobre *Phytophthora infestans*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 35(1), 58–79. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1605-4>
- Guerrero, R., Cevallos, O., Eguez, E., Peñaherrera, S. (2020). El potencial del uso

de microorganismos endofíticos como agentes de control de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Centrosur*, October 2020, 1–12. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/33>

- IICA. (2022). *Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo del cacao* (I. I. de C. para la A. (IICA) (ed.)). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21346/CDPE22118713e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- J., R. C. I. y F. (2018). Capacidad antagónica in vitro de *Trichoderma* spp. frente a *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium verticillioides* Nirenberg. *Bioagro*, 30(1). <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v30n1/art05.pdf>
- Jácome, R. D. (2016). Identificación de *Phytophthora palmivora* como el agente causal de la pudrición del cogollo en palmito (*Bactris gasipaes*) en el Ecuador [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR]. In *Tesis de pregrado*. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11458/Tesis Dario Andrés Jácome Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11458/Tesis%20Dario%20Andr%C3%A9s%20J%C3%A1come%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaimes, S. Y., Aranzazu, H. F. (2016). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). In *Fondo Nacional del Cacao. Corpoica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12699/81628_56560.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Leandro, M., Cerda, R. (2021). Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao. In *CATIE. Serie técnica Manual técnico no. 146*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10918>
- Leiva-Rojas, E., Gutiérrez-Brito, E., Pardo-Macea, Camilo., Ramírez-Pisco, R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 137–146. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.137-146>
- Marchan C. B. (2019). Control de *Phytophthora* sp., usando sulfato de cobre pentahidratado a la parte aérea y microorganismos benéficos al suelo, en el cultivo de “cacao” *Theobroma cacao* L., en Zarumilla, Tumbes 2019. *Tesis de Pregrado*, 1–40. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/1486>
- Martínez de la Parte, E., Pérez V. L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 87–96. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv02215.pdf>
- Mbarga, J. B., Begoude, B. A. D., Ambang, Z., Meboma, M., Kuate, J., Schiffers, B., Ewbank, W., Dedieu, L., & Hoopen, G. M. te. (2014). A new oil-based formulation of *Trichoderma asperellum* for the biological control of cacao black pod disease caused by *Phytophthora megakarya*. *Biological Control*, 77, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.06.004>

- Palacios R. O. (2019). Identificación de cepas de *Trichoderma* spp., con capacidad de biocontrol a *Moniliophthora roreri*, en sistemas de cacao en la zona centro norte de la Amazonía Ecuatoriana. In *Tesis de pregrado*. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39134/1/Palacios_Riera_Oscar_Emilio.pdf
- Parada Oscar., V. R. (2021). Análisis socioeconómico de productores de cacao, localidad Guabito, provincia Los Ríos, Ecuador. *Ciencias Holguín*, 27(1), 1–17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181565709001>
- Peñaherrera V, S., Cedeño G, G., Solórzano A. F., Cedeño G. G., T. Y. P. (2020). Eficacia de mezclas de *Trichoderma* spp. y aceite de palma en el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en cacao. *Centro Agrícola*, 47(2), 5–15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200005&lang=es
- Peñaherrera, V. S. (2013). Combinación de agentes biológicos para el control de enfermedades del fruto de cacao [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. In *Tesis de pregrado*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/573/1/T-UTEQ-0119.pdf>
- Pérez T. E., Bernal C. A., Milanés V. P., Sierra R. Y., Leiva M. M., Marín G. S., M. H. O. (2018). Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa a-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *Bioagro*, 30(1), 1–13. <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v30n1/art02.pdf>
- Pilaloo David, W., Alvarado Aguayo, A., Pérez Vaca, D., & Torres Sánchez, S. (2021). Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista Alfa*, 5(15), 453–468. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129>
- Plasencia-Vázquez, A. H., Vilchez-Ponce, C. R., Ferrer-Sánchez, Y., & Veloz-Portillo, C. E. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo *Moniliophthora roreri* y el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Ecuador continental. *Revista Terra Latinoamericana*, 40, 1–14. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
- Polanco Y. (2016). Biocontrol de *Fusarium* sp. por *Trichoderma* spp. en *Theobroma cacao* L. en condiciones in vitro y vivero. In *Tesis de postgrado*. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/4544/YPolanco.pdf?sequence=1>
- Ramos, G. Y. (2017). Caracterización morfológicas y molecular de especies de *Phytophthora* asociadas al cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sureste de México. In *Tesis de postgrado*. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1
- Ramos, Z. B. (2020). Efecto de la aplicación de bioreguladores para el control de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora* en cacao CCN-51 (*Theobroma*

- cacao). *Tesis de Postgrado*, 4(2), 13–20.
<https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v4i2.280>
- Retana, K., Ramírez, J., Castro, O., Blanco, M. (2018). Nota técnica Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. Apii asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 115–126. www.mag.go.cr/revagr/index.htmlwww.cia.ucr.ac.cr
- Reyes-Figueroa, O., Ortiz-García, C. F., La Cruz, M. T. De, Lagunes-Espinoza, L. D. C., & Valdovinos-Ponce, G. (2016). Especies de trichoderma del agroecosistema cacao con potencial de biocontrol sobre moniliophthora roreri. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 22(2), 149–163.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.08.036>
- Rodríguez, E., Vera, R. A. (2015). Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora* sp.) en cacao. In *Manual técnico*.
<https://doi.org/10.21930/978-958-740-197-4>
- Rodríguez P. M., Campo A. R., Cardona A. C., Manjarres C. E., R. T. B. (2021). Trichoderma spp. biocontrolador de marchitez vascular (*Fusarium* spp.) de la berenjena en el Caribe colombiano. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 158–169.
<https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1847>
- Rubio T. S., Osorio H. E., Estrada D. B., Silva E. J., R. M. M. de L. y N. J. R. (2021). Biocontrol in vitro de *Fusarium oxysporum* y *Dickeya chrysanthemi* con antagonistas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(3), 515–528.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2104-1>
- Samaniego F. L., Maimouna H., Corbea O., Rondón C. A., y P. E. I. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. antagonistas de patógenos del suelo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3).
- Sims, L., Tjosvold, S., Chambers, D., & Garbelotto, M. (2019). Control of *Phytophthora* species in plant stock for habitat restoration through best management practices. *Plant Pathology*, 68(1), 196–204.
<https://doi.org/10.1111/ppa.12933>
- Sriwati, R., Chamzurni, T., Soesanto, L., & Munazhirah. (2019). Field application of trichoderma suspension to control cacao pod rot (*Phytophthora palmivora*). *Agrivita*, 41(1), 175–182. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i1.2146>
- Stover, R. H. (1980). Sigatoka Leaf Spots of Bananas and plantais. In *Plant Disease* (Vol. 64, Issue 8, p. 750). <https://doi.org/10.1094/pd-64-750>
- Terrero, P., Peñaherrera, S., Solís, Z., Vera, D., Navarrete, J., & Herrera, M. (2018). Compatibilidad in vitro de *Trichoderma* spp. con fungicidas de uso común en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Investigación Agraria*, 20(2), 146–151.
<http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v20n2/2305-0683-ia-20-02-146.pdf>
- Terrero Yépez, P. I., Peñaherrera Villafuerte, S. L., Solís Hidalgo, Z. K., Vera Coello,

- D. I., Navarrete Cedeño, J. B., & Herrera Defaz, M. A. (2018). In vitro compatibility of *Trichoderma* spp. with fungicides commonly used in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Investigación Agraria*, 20(2), 146–151. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.diciembre.146-151>
- Torres-De La Cruz, M., Ortiz-García, C. F., Bautista-Muñoz, C., Ramírez-Pool, J. A., Ávalos-Contreras, N., Cappello-García, S., & De La Cruz-Pérez, A. (2015). Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 947–961. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.012>
- Tuesta-Pinedo, Á. L., Trigozo-Bartra, E., Cayotopa-Torres, J. J., Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Zúñiga-Cernadez, L. B., & Leon-Ttacca, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y Micorrizas arbusculares. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(1), 67. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3086>
- Valencia Carreño, L., Sornoza Vélez, Lady, Corozo-Quiñónez, L., Sánchez Mora, F., Peña Monserrate, G., & Salas-Macías, C. (2022). Recursos genéticos de variedades de cacao tipo Nacional en Ecuador: una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología*, 15(2), 31–44. <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.582>
- Vega T. M., Ruiz C. M., Pérez C. D., Berlanga R. D., Ornelas P. J., Rios V. C., Cambero C. O. Estrada V. M., Luna E. G., Denise-Revérchon, F. (2019). Actividad antifúngica in vitro de microorganismos antagonistas contra *Fusarium oxysporum* de rizosfera de árboles de aguacate en Xalisco, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 37(1), 57–64. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1904-3>
- Vélez Balderramo, E., Almeida Vera, D. (2023). Efecto de fungicidas sistémicos y protectores en el control de moniliasis y escoba de bruja en cacao. In *Tesis de pregrado*.
- Volcy, C. (2008). Génesis y evolución de los postulados de Koch y su relación con la fitopatología . Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 107–115. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314729013>

9. ANEXOS

9.1 Tablas

Anova de la incidencia de la enfermedad de la Mazorca Negra en el cacao

Análisis de la varianza sin transformación de datos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
INCIDENCIA	21	0,28	0,00	50,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	630,16	8	78,77	0,59	0,7721
TRATAMIENTOS	383,17	2	191,58	1,42	0,2785
REPETICIONES	246,99	6	41,17	0,31	0,9218
Error	1613,39	12	134,45		
Total	2243,55	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,53519

Error: 134,4494 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
3,00	19,34	7	4,38 A
2,00	20,13	7	4,38 A
1,00	28,77	7	4,38 A

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

Análisis de la varianza con transformación de datos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 INCIDENCIA	21	0,28	0,00	21,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,36	8	0,04	0,58	0,7741
TRATAMIENTOS	0,21	2	0,11	1,39	0,2861
REPETICIONES	0,15	6	0,02	0,31	0,9176
Error	0,93	12	0,08		
Total	1,29	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39611

Error: 0,0772 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,22	7	0,10 A
3,00	1,23	7	0,10 A
1,00	1,44	7	0,10 A

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

Análisis de la varianza

SEVERIDAD PONDERADA Y AJUSTADA

MEDIA PONDERADA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MEDIA PONDERADA	21	0,40	0,00	109,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,55	8	0,57	1,00	0,4828
TRATAMIENTOS	1,07	2	0,54	0,94	0,4169
REPETICIONES	3,48	6	0,58	1,02	0,4580
Error	6,83	12	0,57		

Total 11,38 20

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,07590

Error: 0,5692 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1,00	0,37	7	0,29 A
2,00	0,84	7	0,29 A
3,00	0,85	7	0,29 A

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

8 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8 DÍAS	21	0,44	0,07	25,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,67	8	0,08	1,18	0,3827
TRATAMIENTOS	0,18	2	0,09	1,31	0,3056
REPETICIONES	0,48	6	0,08	1,14	0,3971
Error	0,85	12	0,07		
Total	1,51	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37864

Error: 0,0705 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1,00	0,93	7	0,10 A
2,00	1,09	7	0,10 A
3,00	1,15	7	0,10 A

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

MEDIA PONDERADA1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MEDIA PONDERADA1	21	0,39	0,00	121,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,70	8	0,96	0,96	0,5051
TRATAMIENTOS	0,87	2	0,44	0,44	0,6560
REPETICIONES	6,82	6	1,14	1,14	0,3976
Error	11,98	12	1,00		
Total	19,68	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,42509

Error: 0,9987 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1,00	0,61	7	0,38 A
2,00	0,75	7	0,38 A
3,00	1,10	7	0,38 A

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

15 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15 DÍAS	21	0,44	0,06	29,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,00	8	0,13	1,16	0,3946
TRATAMIENTOS	0,13	2	0,06	0,59	0,5715
REPETICIONES	0,88	6	0,15	1,35	0,3093
Error	1,30	12	0,11		
Total	2,31	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46948

Error: 0,1084 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,04	7	0,12 A
1,00	1,05	7	0,12 A
3,00	1,21	7	0,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**MEDIA PONDERADA2**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MEDIA PONDERADA2	21	0,70	0,51	58,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,67	8	0,33	3,58	0,0233
TRATAMIENTOS	0,80	2	0,40	4,28	0,0396
REPETICIONES	1,88	6	0,31	3,35	0,0354
Error	1,12	12	0,09		
Total	3,79	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43557

Error: 0,0933 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1,00	0,29	7	0,12 A
2,00	0,51	7	0,12 A B
3,00	0,76	7	0,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**22 DÍAS**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
22 DÍAS	21	0,73	0,54	13,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,56	8	0,07	3,97	0,0161
TRATAMIENTOS	0,19	2	0,09	5,25	0,0230
REPETICIONES	0,38	6	0,06	3,54	0,0296
Error	0,21	12	0,02		
Total	0,78	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19014

Error: 0,0178 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1,00	0,87	7	0,05 A
2,00	0,96	7	0,05 A B
3,00	1,10	7	0,05 B

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

MEDIA PONDERADA3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MEDIA PONDERADA3	21	0,88	0,80	43,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,85	8	0,73	10,95	0,0002
TRATAMIENTOS	1,24	2	0,62	9,25	0,0037
REPETICIONES	4,62	6	0,77	11,52	0,0002
Error	0,80	12	0,07		
Total	6,65	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36859

Error: 0,0668 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	0,33	7	0,10 A
1,00	0,53	7	0,10 A
3,00	0,91	7	0,10 B

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

29 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
29 DÍAS	21	0,88	0,80	12,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,33	8	0,17	10,71	0,0002
TRATAMIENTOS	0,24	2	0,12	7,71	0,0070
REPETICIONES	1,09	6	0,18	11,71	0,0002
Error	0,19	12	0,02		
Total	1,52	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17786

Error: 0,0156 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	0,89	7	0,05 A
1,00	0,97	7	0,05 A B
3,00	1,14	7	0,05 B

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

Análisis de la varianza**NÚMERO DE MAZORCAS/PLANTA****8 DÍAS**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8 DÍAS	21	0,47	0,12	44,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1451,90	8	181,49	1,34	0,3130
TRATAMIENTOS	312,67	2	156,33	1,15	0,3484
REPETICIONES	1139,24	6	189,87	1,40	0,2912
Error	1627,33	12	135,61		
Total	3079,24	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,60647

Error: 135,6111 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	20,86	7	4,40 A
3,00	27,86	7	4,40 A
1,00	29,86	7	4,40 A

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

15 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15 DÍAS	21	0,59	0,32	41,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2295,43	8	286,93	2,17	0,1100
TRATAMIENTOS	835,52	2	417,76	3,15	0,0793
REPETICIONES	1459,90	6	243,32	1,84	0,1743
Error	1589,81	12	132,48		
Total	3885,24	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,41389

Error: 132,4841 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	19,57	7	4,35 A
3,00	28,00	7	4,35 A
1,00	35,00	7	4,35 A

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

21 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
21 DÍAS	21	0,50	0,17	46,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1327,52	8	165,94	1,52	0,2472
TRATAMIENTOS	157,24	2	78,62	0,72	0,5064
REPETICIONES	1170,29	6	195,05	1,79	0,1845
Error	1309,43	12	109,12		
Total	2636,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,89635

Error: 109,1190 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	18,86	7	3,95 A
3,00	23,71	7	3,95 A
1,00	25,29	7	3,95 A

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

29 DÍAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
29 DÍAS	21	0,48	0,13	61,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1320,10	8	165,01	1,37	0,3013
TRATAMIENTOS	186,95	2	93,48	0,77	0,4825
REPETICIONES	1133,14	6	188,86	1,57	0,2393
Error	1447,71	12	120,64		
Total	2767,81	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,66320

Error: 120,6429 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	14,29	7	4,15 A
3,00	17,43	7	4,15 A
1,00	21,57	7	4,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**LOG10_8 DÍAS**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 8 DÍAS	21	0,59	0,31	19,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,11	8	0,14	2,12	0,1166
TRATAMIENTOS	0,34	2	0,17	2,59	0,1161
REPETICIONES	0,77	6	0,13	1,96	0,1513
Error	0,79	12	0,07		
Total	1,90	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36557

Error: 0,0657 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,17	7	0,10 A
3,00	1,43	7	0,10 A
1,00	1,44	7	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**LOG10_15 DÍAS**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 15 DÍAS	21	0,68	0,46	17,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,45	8	0,18	3,17	0,0354
TRATAMIENTOS	0,51	2	0,25	4,43	0,0362
REPETICIONES	0,94	6	0,16	2,75	0,0641
Error	0,69	12	0,06		
Total	2,13	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34076

Error: 0,0571 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,14	7	0,09 A
3,00	1,42	7	0,09 A B
1,00	1,51	7	0,09 B

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

LOG10_21 DÍAS

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
LOG10 21 DÍAS	21	0,66	0,43	18,11	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,23	8	0,15	2,86	0,0495
TRATAMIENTOS	0,24	2	0,12	2,21	0,1521
REPETICIONES	0,99	6	0,16	3,07	0,0464
Error	0,64	12	0,05		
Total	1,87	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,33016

Error: 0,0536 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,13	7	0,09 A
3,00	1,35	7	0,09 A
1,00	1,35	7	0,09 A

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

LOG10_29 DÍAS

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
LOG10 29 DÍAS	21	0,65	0,42	22,88	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,53	8	0,19	2,80	0,0526
TRATAMIENTOS	0,18	2	0,09	1,35	0,2969
REPETICIONES	1,34	6	0,22	3,29	0,0376
Error	0,82	12	0,07		
Total	2,35	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37223

Error: 0,0681 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
2,00	1,01	7	0,10 A
3,00	1,20	7	0,10 A
1,00	1,21	7	0,10 A

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

Análisis de la varianza de las mazorcas por planta

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
No. MAZORCAS/PARCELA	21	0,66	0,43	20,17	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3493,33	8	436,67	2,89	0,0478
TRATAMIENTOS	2680,38	2	1340,19	8,87	0,0043
REPETICIONES	812,95	6	135,49	0,90	0,5277
Error	1813,62	12	151,13		
Total	5306,95	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,53122

Error: 151,1349 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
2,00	45,14	7	4,65	A
3,00	66,86	7	4,65	B
1,00	70,86	7	4,65	B

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

Tabla 10. Base de datos de la severidad a los 8 y 15 días con la escala de Stover con sus medias ponderadas y valores ajustados raíz²(valor+0.5)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA PONDERADA					8 DÍAS	15 DÍAS		MEDIA PONDERADA					15 DÍAS		
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5					
1	1	2	2					0,40	0,95	3					3	0,60	1,05
1	2		1					0,20	0,84	2	1	2	1			0,30	0,89
1	3	1	1	1	1	3		0,28	0,88	1	1	3	3	10		0,72	1,10
1	4	4	3	2		4		0,65	1,07	1	1		2	16		1,00	1,22
1	5	1	1			1		0,20	0,84		1	1	1	11		0,70	1,10
1	6	3	1	2		3		0,45	0,97		2	3	2	6		0,65	1,07
1	7			2		2		0,40	0,95				1	2		0,30	0,89
2	1	1				6		0,70	1,10		1			4		0,50	1,00
2	2			1		1		0,20	0,84		1		1	2		0,27	0,88
2	3					18		3,60	2,02					18		3,60	2,02
2	4			1		3		0,40	0,95				1	3		0,40	0,95
2	5					2		0,40	0,95				1	1		0,20	0,84
2	6		3					0,60	1,05	1				2		0,30	0,89
2	7				0			0,00	0,71					0		0,00	0,71
3	1	1				9		1,00	1,22				1	6		0,70	1,10
3	2	7	2			1		0,67	1,08		2		1	6		0,60	1,05
3	3	2	1	1		12		0,80	1,14			1		10		1,10	1,26
3	4	5	3			2		0,67	1,08		1	2		4		0,47	0,98
3	5	9		1		4		0,93	1,20			1		5		0,60	1,05
3	6	2				14		1,60	1,45					19		3,80	2,07
3	7	3	1	1		1		0,30	0,89		2					0,40	0,95

Tabla 11. Base de datos de la severidad a los 21 y 29 días, con la escala de Stover con sus medias ponderadas y valores ajustados raíz²(valor+0.5)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	21 DÍAS					MEDIA PONDERADA	21DÍAS	29 DÍAS					MEDIA PONDERADA	29 DÍAS
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5		
1	1	2			1	1	0,27	0,90					4	0,80	1,10
1	2	1	1		1		0,20	0,80		1	1		2	0,27	0,90
1	3	1	1	2	1	4	0,36	0,90		3	2		17	1,47	1,40
1	4	1	1		1	5	0,40	0,90			1		7	0,80	1,10
1	5		1			2	0,30	0,90					2	0,40	0,90
1	6		1		2	1	0,27	0,90					0	0,00	0,70
1	7	1			1		0,20	0,80					0	0,00	0,70
2	1					8	1,60	1,40				1	6	0,70	1,10
2	2				1	2	0,30	0,90			2		0	0,20	0,80
2	3	1		1		8	0,67	1,10	1				10	1,10	1,30
2	4					3	0,60	1,00	1				0	0,10	0,80
2	5					1	0,20	0,80					1	0,20	0,80
2	6	1					0,20	0,80					0	0,00	0,70
2	7					0	0,00	0,70					0	0,00	0,70
3	1					8	1,60	1,40					7	1,40	1,40
3	2		2	1	1	6	0,50	1,00					5	1,00	1,20
3	3			1		10	1,10	1,30					9	1,80	1,50
3	4		1	2	1	4	0,40	0,90					3	0,60	1,00
3	5		1	1		5	0,47	1,00			1	13	1,40	1,40	1,40
3	6		1		2	10	0,87	1,20					1	0,20	0,80
3	7		2				0,40	0,90					0	0,00	0,70

Tabla 12. Peso de 100 granos (gramos) de cacao del ensayo tanto en baba como en seco

PESO DE 100 GRANOS DE CACAO EN GRAMOS			
TRATAMIENTO	REPETICION	PESO DE 100 GRANOS EN BABA	PESO DE 100 GRANOS SECOS
1	1	335	148
1	2	322	161
1	3	344	152
1	4	374	147
1	5	356	156
1	6	333	152
1	7	276	152
2	1	335	150
2	2	331	144
2	3	327	152
2	4	334	143
2	5	0	0
2	6	303	143
2	7	0	0
3	1	325	158
3	2	295	140
3	3	320	154
3	4	311	142
3	5	0	0
3	6	322	144
3	7	281	151

Elaborado por: la Autora 2024

Tabla 13. Número de mazorcas de cacao por planta en el ensayo

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	NÚMERO DE PLANTAS	NÚMERO DE MAZORCAS	No. MAZORCAS/PARCELA
1	1	11	8	88
1	2	10	7	70
1	3	11	6	66
1	4	11	5	55
1	5	12	5	60
1	6	11	7	77
1	7	10	8	80
2	1	10	5	50
2	2	11	6	66
2	3	10	5	50
2	4	8	7	56
2	5	8	5	40
2	6	6	5	30
2	7	6	4	24
3	1	11	6	66
3	2	11	7	77
3	3	11	5	55
3	4	12	6	72
3	5	11	5	55
3	6	11	7	77
3	7	11	6	66

Elaborado por: la Autora 202

9.2 Figuras

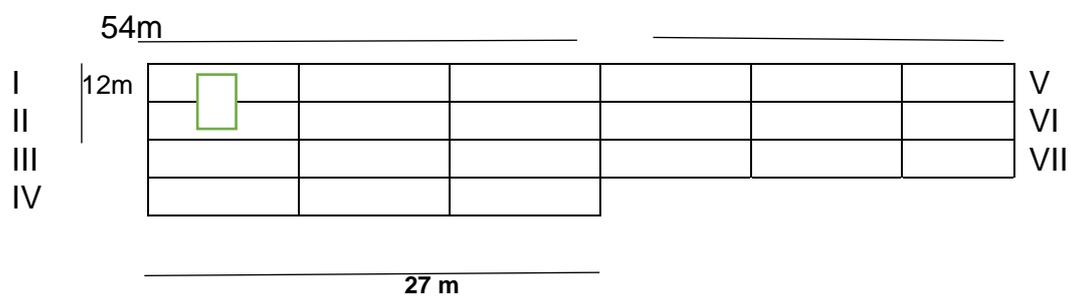


Figura 3. Croquis de campo del ensayo



Figura 4. Inspeccionando los tratamientos del ensayo
Elaborado por: la Autora 2024



Figura 5. Identificando los árboles de cacao bajo estudio
Elaborado por: la Autora 2024



Figura 6. Preparando el Biotrich para realizar las fumigaciones
Elaborado por: la Autora 2024



Figura 7. Realizando las fumigaciones respectivas en cada tratamiento

Elaborado por: la Autora 2024

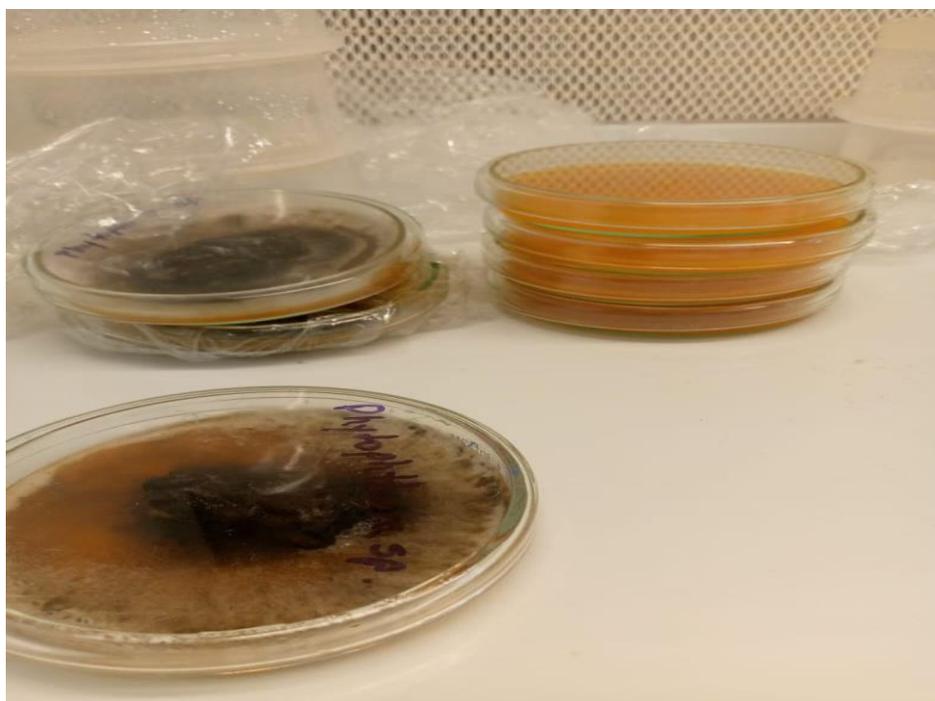


Figura 8. Preparación del medio de cultivo PDA para obtener los crecimientos fúngicos de los materiales de cacao

Elaborado por: la Autora 2024



Figura 9. Crecimientos fúngicos de *P. palmivora* en medio PDA modificado con Streptomicina y Rifamicina
Elaborado por: la Autora 2024



Figura 10. Granos de cacao cosechados de las parcelas experimentales
Elaborado por: la Autora 2024