

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma* spp) en tres dosis como agente de control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao* L) en el recinto Estero piedras – Naranjal

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Ronny Leonardo García Contreras

CI: 0106424674

Correo electrónico: ronny.garcia.0395@gmail.com

María Fernanda García Figueroa

CI: 0106673312

Correo electrónico: mafega_96@hotmail.com

Director:

Walter Iván Larriva Coronel M. Sc.

CI: 0101770865

Cuenca, Ecuador

09-enero-2023

RESUMEN

La moniliasis (*Moniliophthora roreri*) es una de las causas principales que genera pérdidas económicas en el cultivo de cacao en el recinto de Estero Piedras, uno de los principales problemas es el manejo poco efectivo de esta enfermedad; de ahí que, en la presente investigación se evaluó la efectividad de tres dosis de Trichobon (*Trichoderma* spp) y un control químico (Cuprofix) frente a *Moniliophthora roreri* en cacao CCN-51, en cuanto a la incidencia en plantas, incidencia en frutos y severidad, se confirma la acción de Cuprofix (T4) y Trichobon, estos disminuyeron daños que son ocasionados por *Moniliophthora roreri*, así lo demostró la variable incidencia en plantas y frutos las mismas que arrojaron diferencias significativas en comparación al testigo. El análisis de los costos variables demostró que el tratamiento químico en su dosis comercial 500 g / ha es el más económico.

Palabras clave: Biofungicida, *Moniliophthora*, cacao, enfermedad, Moniliasis, dosis

ABSTRACT

Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) is one of the main causes of economic losses in cocoa cultivation in the Estero Piedras area, and one of the main problems is the ineffective management of this disease; Therefore, in the present investigation, the effectiveness of three doses of Trichobon (*Trichoderma spp*) and chemical control (Cuprofix) against *Moniliophthora roreri* in cocoa CCN-51 was evaluated in terms of incidence in plants, the incidence in fruits and severity, The action of Cuprofix (T4) and Trichobon was confirmed, these reduced the damage caused by *Moniliophthora roreri*, as demonstrated by the variable incidence in plants and fruits, which showed significant differences compared to the control. The analysis of the variable costs showed that the chemical treatment in its commercial dose of 500 g / ha is the most economical.

Key words: Biofungicide, *Moniliophthora*, cocoa, disease, Moniliasis, doses.

RESUMEN	2
1.- INTRODUCCIÓN	17
2.- OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo general	19
2.2. Objetivos específicos	19
3.- HIPÓTESIS (PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN).....	20
4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
4.1. El Cultivo de cacao	21
4.2. Descripción botánica.....	21
4.2.1. Género	21
4.2.2. Morfología.....	21
4.2.3. Variabilidad.....	22
4.2.4. Clasificación taxonómica	22
4.3. Origen, distribución e importancia mundial	22
4.3.1. Importancia del cultivo a nivel nacional	23
4.4. La Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	23
4.4.1. Origen de la enfermedad	24
4.4.2. Distribución geográfica.....	24
4.4.3. Distribución actual.....	25
4.4.4. Fuente de inóculo y mecanismo de dispersión	25
4.4.5. Proceso de pre infección e infección.....	25
4.4.6. Ciclo biológico	26
4.4.7. Sintomatología.....	26
4.4.8. Importancia Económica	27
4.5. <i>Trichoderma</i> spp	27
4.5.1. Mecanismo de acción.....	28
4.6. Control químico	30
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.1. Área de estudio.....	31
5.2. Tipo de investigación	32
5.3. Materiales.....	32
5.4. Metodología.....	32
5.5.1. Objetivo específico 1	32

5.4.2. Variables del Estudio.....	33
5.4.3. Severidad externa	33
5.4.4. Incidencia de plantas afectadas	34
5.4.5. Incidencia de frutos afectados	35
5.4.6. Número de mazorcas por planta	35
5.5. Diseño experimental y distribución de tratamientos	35
5.6. Objetivo específico 2	35
6.- RESULTADOS.....	36
6.1. Resultados del desarrollo de la enfermedad durante el estudio	36
6.2. Incidencia en frutos	37
6.3. Severidad	39
6.4. Incidencia en plantas.....	43
6.5. Análisis económico de los tratamientos	45
7.- DISCUSIÓN.....	46
8.- CONCLUSIONES	48
9.- RECOMENDACIONES	49
10.- REFERENCIAS.....	50
11.- ANEXOS.....	57

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cacao	22
Tabla 2 Clasificación taxonómica de <i>Moniliophthora roreri</i>	25
Tabla 3 Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma</i> spp	28
Tabla 4 Descripción de los tratamientos y dosis implementados	33
Tabla 5. Prueba de Duncan para la incidencia en frutos en la semana 15	38
Tabla 6. Análisis económico de las variables	45

Lista de figuras

Figura 1	Ciclo biológico de <i>Moniliophthora roreri</i>	26
Figura 2	Mapa de ubicación del área de estudio.....	31
Figura 3.	Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables incidencia en frutos (A); en severidad (B) e incidencia en plantas (C)	36
Figura 4.	Incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao en la semana 7	37
Figura 5.	Incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao en la semana 13.....	38
Figura 6.	Porcentaje de incidencia de frutos a lo largo de 15 semanas	39
Figura 7.	Severidad de la enfermedad en la semana 7	40
Figura 8.	Severidad de la enfermedad en la semana 13.	40
Figura 9.	Severidad de la enfermedad en la semana 15.	41
Figura 10.	Porcentaje de severidad a lo largo de 15 semanas	42
Figura 11.	Incidencia de la enfermedad en plantas para la semana 13.....	43
Figura 12.	Incidencia de la enfermedad en plantas para la semana 15.....	44
Figura 13.	Porcentaje de incidencia de plantas a lo largo de 15 semanas	44

Lista de anexos

Anexo 1. Delimitación de cada uno de los bloques.	57
Anexo 2. Etiquetado de las plantas de cacao en el área de estudio.	57
Anexo 3. Aplicación del control químico en las plantas de cacao.....	58
Anexo 4. Preparación de cada uno de los tratamientos en sus diferentes dosis	58
Anexo 5. Pesaje del tratamiento químico (Cuprofix)	59
Anexo 6. Pesaje del tratamiento Biológico (Trichobon)	59
Anexo 7. Desarrollo de la enfermedad	60

Ronny Leonardo Garcia Contreras autor del trabajo de titulación “**Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma spp*) en tres dosis como agente de control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao L*) en el recinto Estero piedras – Naranjal**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 09 de enero del 2023



Ronny Leonardo García Contreras

CI: 0106424674

Ronny Leonardo García Contreras en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma spp*) en tres dosis como agente de control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao* L) en el recinto Estero piedras – Naranja**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de enero de 2023



Ronny Leonardo García Contreras

C.I: 0106424674

María Fernanda García Figueroa, autora del trabajo de titulación "**Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma spp*) en tres dosis como agente de control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao L*) en el recinto Estero piedras – Naranjal**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 09 de enero del 2023



María Fernanda García Figueroa

C.I: 0106673312

Maria Fernanda Garcia Figueroa en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma spp*) en tres dosis como agente de control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao L*) en el recinto Estero piedras – Naranja", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de enero del 2023.



Maria Fernanda Garcia Figueroa

C.I: 0106673312

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por la vida y salud, a mi padre Sr Leonardo García, y a mi madre Sra. Sara Contreras, por brindarme el apoyo incondicional y darme todas las facilidades para poder culminar con mis estudios, a mis hermanas por siempre motivarme y seguir su ejemplo de superación.

Ronny Leonardo García Contreras.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi abuelito al Sr. Luis Alfredo García Campoverde que, aunque no contemos físicamente con él, sé que estará muy orgulloso de que uno más de sus nietos se haya convertido en un profesional más en tan noble profesión.

Ronny Leonardo García Contreras.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad de Cuenca por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, agradezco a mi distinguido director de tesis Ingeniero Walter Larriva, que con su ayuda y conocimiento me guió para culminar exitosamente esta investigación. Sobre todo, quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo, amor, paciencia y dedicación que me han brindado a lo largo de mi formación como profesional.

Ma. Fernanda García Figueroa.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa que han creído siempre en mí, a mis padres quienes han sido parte fundamental para formarme profesionalmente, dándome los mejores consejos, a mis hermanas y hermano quienes han estado en todos los momentos difíciles, brindándome su ejemplo y perseverancia, finalmente a mis abuelitos Genoveva y Luis que sé que están muy orgullosos de mí.

Ma. Fernanda García Figueroa.

1.- INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol nativo de América, cultivado precisamente en las regiones tropicales, en el país se cultivan algunas selecciones de cacao, uno de ellos el clon CCN-51 que apareció hace 30 años, este híbrido se caracteriza por tener mayor producción y facilitar la cosecha, razón por la cual predomina en las plantaciones cacaoteras a nivel nacional (Maisincho, 2006).

La actividad cacaotera tiene gran impacto en el Ecuador debido a que este cultivo es de gran importancia económica, es por esto que, el Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC, 2020) indica que, en el país existen alrededor de 601.900,26 hectáreas cultivadas de cacao, de las cuales se cosecharon 315.000 toneladas métricas, las mismas que dan sustento a cientos de familias ecuatorianas que practican este cultivo siendo las principales provincias productoras: Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo de los Tsáchilas.

Una de las principales limitantes en el cultivo de cacao, es la presencia de enfermedades patológicas que ocasiona pérdidas en la producción del cultivo y la disminución en la calidad del producto final, dentro de estos problemas fitosanitarios en el cultivo de cacao destaca la presencia de la Moniliasis, cuyo agente causal es el hongo basidiomycete *Moniliophthora roreri*, posee alta agresividad la cual provoca considerable disminución en el rendimiento (Navia, 2016).

El proceso de infección de *M. roreri* inicia cuando las conidias reproductivas del hongo llegan a tener contacto con el fruto, las esporas se diseminan por la acción del viento, luego de aquello crecen abundantemente en la superficie de la mazorca ocasionando daños internos e irreversibles, este proceso infeccioso es facilitado por condiciones ambientales como son la humedad y temperatura (Amores, 2012).

M. roreri infecta con mayor facilidad en tejidos en crecimiento específicamente en frutos jóvenes, este patógeno se caracteriza por su largo periodo de incubación, el tiempo de infección está entre 3 a 8 semanas, en días con lluvia y calor este periodo se reduce a 3 semanas y un proceso normal está entre 30 y 70 días (Quevedo, 2012).

Según Cerezo (2010) indica que *Moniliophthora roreri* podría ocasionar pérdidas en la producción que superan el 50%, un diagnóstico oportuno y un tratamiento eficaz de esta enfermedad evitará la reducción de producción de cacao (Ronquillo, 2020).

Existen varios métodos de control para esta enfermedad fúngica causada por *Moniliophthora roreri*, de allí el interés de aplicar *Trichoderma* spp como agente biológico para el control de la moniliasis (Martínez, 2013).

Trichoderma spp es un hongo anaeróbico que habita naturalmente en casi todos los suelos, se caracteriza por tener un comportamiento tanto saprofita como parásito, el empleo de *Trichoderma* spp como antagonista ha mostrado buenos resultados en el control de hongos fitopatógenos (Doni, et al., 2014). La eficiencia que tiene *Trichoderma* spp para ser considerado como un agente de control biológico, se debe a su alta capacidad reproductiva y abundante producción de esporas las cuales facilitan la colonización de diferentes suelos (Echeverría, 2018).

Respecto al uso de los controles biológicos, hoy en día están siendo muy utilizados como una alternativa a los controles convencionales, ya que generan un mínimo impacto al medio ambiente, además de haber demostrado ser eficientes medios de control del patógeno (Martínez, 2013).

Es así que el presente estudio tiene como finalidad evidenciar y analizar el efecto de *Trichoderma* spp (Trichobon) como agente biocontrolador de *Moniliophthora roreri* en plantaciones de cacao de la selección CCN-51, esta investigación pretende contribuir con información para el manejo de dicha enfermedad en el sector Estero Piedras, cantón Naranjal.

2.- OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma* spp) en el control de Monilla (*Moniliophthora roreri*) mediante la aplicación de diferentes dosis en el cultivo de cacao.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia de Trichobon (*Trichoderma* spp) como agente de control de (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao CCN-51.
- Realizar el análisis de los costos variables de los tratamientos en estudio.

3.- HIPÓTESIS (PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN)

H₀: Ninguno de los tratamientos en estudio es eficiente en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao CCN-51.

H_a: Al menos uno de los tratamientos en estudio es eficiente en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao CCN-51.

4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. El Cultivo de cacao

El cultivo de cacao tiene importancia económica desde la época de la colonia, su comercialización arranca desde el año de 1593, según estudios históricos del cacao en esos años ya existía pequeñas plantaciones en las orillas del río Guayas y Daule, en la actualidad este cultivo es el tercer producto de exportación tradicional no petrolera (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2018).

Según el MAG (2018) indica que, en el 2017 el rendimiento nacional promedio fue de 0.52 toneladas por hectáreas, de los cuales para el cacao nacional fino y de aroma se estimó un rendimiento de 0.33 toneladas por hectárea, mientras que del cacao CCN-51 fue de 0.65 toneladas por hectárea.

El cultivo de cacao representa alrededor del 3% de aporte al PIB agrícola, en donde aproximadamente el 86% de la producción nacional se destina a la exportación, mientras que el 70% de las exportaciones de cacao de Ecuador son de cacao fino y de aroma, convirtiendo al país en el primer productor de cacao en el mundo (PROEcuador, 2013).

La producción cacaotera en monocultivo representa el 84% y el restante se cultiva con otras especies frutales. La mayor producción cacaotera se concentra, en su mayoría, en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Esmeraldas. En esas provincias, en sus inicios se plantó cacao “nacional fino y de aroma”; sin embargo, en la última década, el cultivo de la variedad “CCN-51” ha tomado fuerza por presentar cierta resistencia al ataque de plagas y enfermedades (CEPAL, 2016).

4.2. Descripción botánica

4.2.1. Género

Esta especie pertenece a la familia *Malvaceae* y subfamilia *Sterculioideae*, la distribución del cacao se extiende desde la cuenca del Amazonas, en Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia, desarrollándose en zonas tropicales; los árboles de esta especie son ramificados con hojas simples y con un fruto indehiscente carnosos (IICA, 2017)

4.2.2. Morfología

El árbol de cacao presenta una corteza oscura, con ramas cafés, las hojas son simples alternas de un diámetro aproximado de 17 a 48 cm de largo, con 7 a 10 cm de ancho con su

base redondeada presentado el peciolo un largo de 14 a 27 mm, sus inflorescencias se originan del tallo, flores pentámeras, hermafroditas en donde sus pétalos son más largos que los sépalos, las semillas tienen una forma ovada de color café rojizo (IICA, 2017).

4.2.3. Variabilidad

Esta especie presenta una gran diversidad, en donde para su caracterización se toma en cuenta diferentes cualidades, estas pueden ser las flores, resistencia a enfermedades, tamaño del fruto, y características moleculares, el cacao se clasifica en tres grupos genéticos; el criollo, forastero y trinitario, sobresaliendo la variedad forastera este posee mayor variabilidad genética.

4.2.4. Clasificación taxonómica

En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica del cacao *Theobroma cacao L.*

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cacao

Clasificación taxonómica del cacao	
Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Esterculiaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Genero	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao L.</i>

Fuente: Chamorro, 2018

4.3. Origen, distribución e importancia mundial

El cultivo de cacao es muy importante para la economía del país, este cultivo lo practican agricultores grandes medianos y pequeños. El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol perenne nativo de América, originario entre México, Guatemala y Honduras donde fue cultivado por los Mayas y Aztecas, el cultivo de cacao se practicó exclusivamente en América

hasta 1890, cuando comenzó a plantarse en África, siendo este continente el que produce mayor volumen de grano, de ahí que Navia (2016) menciona que la superficie cultivada mundialmente se encuentra alrededor de 7 millones de hectáreas, ocupando el 70% de esta área África, seguido de América con el 20% y Asia con el 8 % , Asia presenta el mayor rendimiento a nivel mundial con 0,8 t ha⁻¹ , seguido de África con 0,53 t ha⁻¹ y finalmente América un rendimiento de 0,3 t ha⁻¹.

ANECACAO (2015), indica en estudios recientes que al menos una variedad de cacao tiene su origen en la Amazonia ecuatoriana en donde ésta especie vegetal ha sido cultivada y utilizada por más de 50000 años, ya que existen indicios que antes de la llegada de los españoles ya se hacía uso de esta especie en la costa ecuatoriana.

La presencia de enfermedades fúngicas como escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) disminuyen la producción y calidad que genera pérdidas mayores al 50% de la producción (Navia, 2016).

4.3.1. Importancia del cultivo a nivel nacional

Actualmente en el Ecuador se cultivan algunas variedades de cacao; sin embargo, la variedad Nacional es la más apetecida en el mercado de chocolates por su fino aroma y calidad de los granos. El cacao es un fruto cultivado en el litoral y en la Amazonia concentrándose su producción en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo de los Tsáchilas. En el Ecuador se cultivan dos tipos de cacao principalmente, siendo estos el Cacao CCN-51 y el Cacao Nacional (Navia, 2016).

4.4. La Moniliasis (*Moniliophthora roreri*).

Moniliophthora roreri ocasiona grandes pérdidas en la producción nacional, representando una amenaza permanente en el este cultivo, lo cual obliga a los productores a tomar medidas de manejo año a año; esta enfermedad está presente en 11 países de América latina (Chamorro, 2018).

La presencia de enfermedades en las plantaciones de cacao ocasionan pérdidas muy grandes en este cultivo, pudiendo causar un alto porcentaje de reducción en las cosechas; entre las enfermedades que ocasionan mayor daño se encuentran aquellas cuyos agentes etiológicos son hongos pertenecientes al género *Moniliophthora*, dentro de este se encuentran *Moniliophthora roreri* (moniliasis) y *Moniliophthora perniciosa* (escoba de bruja) considerándose la primera de ellas, una de las enfermedades más graves dentro de este cultivo que con el pasar de los años se ha diseminado; desde los años 50 en el país se han realizado algunas investigaciones para el control de *Moniliophthora roreri*, habiéndose

evaluado prácticas culturales, aplicación de controles químicos, e investigaciones sobre la biología y epidemiología (Suárez & Hernández, 2010).

Esta enfermedad causa daños en las mazorcas en cualquier estado fisiológico, registrando pérdidas que van en un rango del 16 al 80% de la producción (Benítez, 2019).

Cubillos (2019) en su publicación menciona que, la moniliasis es una enfermedad difícil de controlar, la cual no solo afecta la producción del cultivo si no también la calidad de la materia prima, debido a que el productor aprovecha parte de las mazorcas infectadas extrayendo semillas de mala calidad, las cuales disminuyen la calidad del producto final.

4.4.1. Origen de la enfermedad

El patógeno fue reportado oficialmente por primera vez en Ecuador en el año 1917, en donde se consideró al país como lugar de origen de esta enfermedad; sin embargo, estudios posteriores a ello indicaron que la *Moniliasis* del cacao pudo aparecer en Colombia debido a reportes de la enfermedad en los años 1832, 1956 para el Norte de Santander y en 1916 para Antioquia (Mora, 2021).

Estudios de polimorfismo, perfiles ISSR y datos de secuencias ITS, indicaron que existe gran diversidad genética de *Moniliophthora roreri* en Colombia; por lo que se evidencia que este país pudo ser centro de origen del patógeno en lugar de Ecuador (Suárez & Hernández, 2010).

4.4.2. Distribución geográfica

Actualmente esta enfermedad afecta a las áreas productoras del Ecuador y Colombia, reportando en el año 1909 cifras elevadas de pérdidas aproximadamente del 70 %, ocasionadas por dicha enfermedad, en 1941 se reportó esta enfermedad en Venezuela en el estado de Zulia, 9 años más tarde se reportó en Perú causando daño en un alto porcentaje de las plantaciones de este país. Es así como en el año 1978 se reporta en Costa Rica, 2 años más tarde en Nicaragua y en 1997 en Honduras, llegando así a las zonas productoras del continente americano.

Esta enfermedad causa daños graves en las plantaciones de cacao a nivel mundial, teniendo una capacidad excepcional para poder sobrevivir en diferentes condiciones dispersándose rápidamente (Suárez & Hernández, 2010).

4.4.3. Distribución actual

Moniliophthora roreri se encuentra registrada en Ecuador, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y países cercanos a Panamá como; Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala y Belice (Cubillos, 2019). Johnson *et al* (2017) confirma su presencia en Jamaica, e Isla de las Antillas.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de *Moniliophthora roreri*

Ubicación taxonómica	
Dominio	Eucaryota
Reino	Fungi
Filum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Marasmiaceae
Género	<i>Moniliophthora</i>
Especie	<i>Moniliophthora roreri</i>

Fuente: Suarez & Hernández, 2010

4.4.4. Fuente de inóculo y mecanismo de dispersión

Moniliophthora roreri vive en el árbol de cacao, específicamente en los frutos que han quedado después de la cosecha, las esporas de *Moniliophthora roreri* son diseminadas por el viento haciendo este proceso infectivo para las demás plantas; las esporas se desprenden fácilmente con el aire, tejidos vegetales infectados, golpes, durante la cosecha o poda desplazándose por distancias considerables (Chamorro, 2018).

4.4.5. Proceso de pre infección e infección

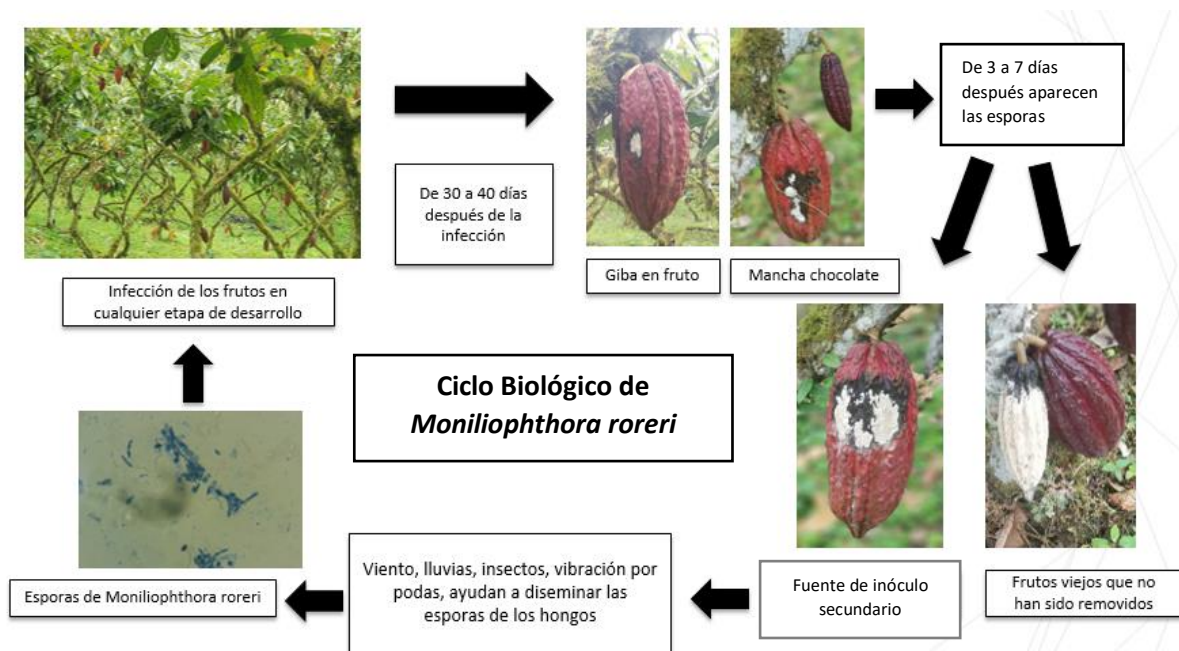
El proceso de infección de *Moniliophthora roreri* inicia cuando los conidios se dispersan por factores abióticos como la lluvia y viento los cuales hacen que las esporas se adhieran a la epidermis de la mazorca, una vez ubicados en esta parte estos germinan con mayor éxito cuando hay presencia de humedad y temperatura. Posterior a ello crecen hifas que penetran en el tejido, causando una invasión que provoca una necrosis; cabe mencionar que el periodo de incubación desde la penetración es de 40 a 60 días (Benítez, 2019).

4.4.6. Ciclo biológico

El patógeno sobrevive en las mazorcas contaminadas, este patógeno se caracteriza por su largo periodo de incubación, el tiempo de infección está entre 3 a 8 semanas, en días con lluvia y calor este periodo se reduce a 3 semanas y un proceso normal está entre 30 y 80 días (Quevedo, 2012).

Figura 1

*Ciclo biológico de *Moniliophthora roreri**



Fuente: Los autores, levantamiento fotográfico en Estero Piedras, febrero, 2022.

4.4.7. Sintomatología

Este patógeno se considera hemibiotrófico, es decir forma una asociación con células vivas del huésped y más tarde se vuelve necrotrófico, ataca los frutos en donde provoca síntomas externos e internos. Esta infección por lo general se da en etapas juveniles desarrollándose en el interior del fruto, por ello algunos pueden estar infectados y no presentar síntomas externos, siendo los frutos jóvenes más susceptibles a esta enfermedad, adquiriendo cierto nivel de tolerancia conforme van madurando (Chamorro, 2018).

Dentro de los síntomas externos estos presentan en su fruto deformaciones y existe presencia de áreas aceitosas que cuando crecen forman una mancha de color marrón oscuro que puede llegar a cubrir toda la mazorca, con el paso del tiempo el fruto pierde agua y se momifica. Entre los síntomas que ésta enfermedad causa, es el daño en los granos de

cacao llegando a afectar a todos, pudiendo las mazorcas enfermas llegar a pesar más que las mazorcas sanas aun que se vean del mismo tamaño (Chamorro, 2018).

4.4.8. Importancia Económica

Según Paredes (2009), esta enfermedad causada por *Moniliophthora roreri*, puede llegar a provocar pérdidas con un rango que van desde el 10% al 100%, afectando los frutos del cacao y su distribución por las principales zonas productoras, los rendimientos caen catastróficamente, ocasionando con ello que inclusive los productores pueden llegar a abandonar las plantaciones.

4.5. *Trichoderma* spp

Trichoderma spp es un hongo anaerobio facultativo, el cual habita de manera natural en los suelos, este hongo es caracterizado por su comportamiento saprófito o también parásito. Las especies que más se destacan en este hongo son: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma hamatum* (Martínez, 2013).

Trichoderma spp como agente de control biológico es muy exitoso por su alta capacidad de reproducción, normalmente habita en condiciones ambientales desfavorables teniendo gran eficiencia en la utilización de nutrientes y fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos, además de inducir mecanismos de defensa, *Trichoderma* spp se caracteriza por tener un crecimiento micelial rápido y abundante producción de esporas (Martínez, 2013)

Trichoderma spp en la actualidad se constituye como pionero en el control biológico contra microorganismos fungosos, este hongo infiere directamente en los procesos de desarrollo de los patógenos y a su vez estimula el crecimiento vegetal, por lo que el uso de *Trichoderma* spp favorece en la inocuidad y rendimientos en la producción agrícola e igualmente mitiga el impacto ambiental causado por productos químicos utilizados para controlar enfermedades fitopatógenas en los diferentes cultivos (Sandoval & Belesansky, 2020).

Las colonias de este hongo biocontrolador son fáciles de identificar por su crecimiento rápido y su color verde. Inicialmente presenta un micelio de color blanco, posterior a ello con el transcurso de los días adquiere una tonalidad verdosa, lo cual indica la aparición de estructuras reproductivas (Carvalho et al., 2018).

Tabla 3

Clasificación taxonómica de *Trichoderma spp*

Ubicación taxonómica	
Reino	Fungi
División	Mycota
Subdivisión	Eumycota
Clase	Hyphomycetes
Orden	Moniliales
Familia	Moniliaceae
Genero	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>Trichoderma koningii</i> , <i>Trichoderma koningiopsis</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , etc...

Fuente: Chamorro, 2018

4.5.1. Mecanismo de acción

A las distintas especies de *Trichoderma spp* se les atribuyen la capacidad de ejercer mecanismos de control como: competir directamente, inactivación de las enzimas del agente patógeno, producción de metabolitos antibióticos, variación de las condiciones medio ambientales, crecimiento vegetal mediante producción de sustancias (Martínez, 2013).

Al decir de Baiyee et al., (2019) éste hongo biocontrolador sintetiza gran diversidad de moléculas contra organismos fitopatógenos e induce a la planta mecanismos moleculares como la resistencia sistémica adquirida (SAR) y resistencia sistémica inducida (ISR).

Según Villegas (2005), manifiesta que *Trichoderma spp* presenta una acción biorreguladora a través de la cual produce mecanismos de defensa fisiológica y bioquímica activando en la planta compuestos relacionados con la resistencia, además reduce las toxinas excretadas por patógenos y desactiva los procesos de las enzimas cuando se presenta una infección.

Trichoderma spp actúa en diferentes modos de acción sobre los patógenos, esto dependerá del género del hongo en cuestión, de igual forma ha demostrado gran capacidad como controlador biológico puesto que ha sido probada en diferentes estudios y tipos de cultivos el cual ha demostrado resultados altamente efectivos; otra característica que resalta

son los beneficios en la producción del cultivo, pudiendo actuar como mejorador del crecimiento de la planta por que interviene en la fijación del Nitrógeno al desarrollarse principalmente en la rizósfera (Utrilla, 2021).

4.5.1.1. Tres principales mecanismos de acción

Producción de metabolitos (Antibiosis): Este es un proceso mediante el cual *Trichoderma* spp puede producir compuestos orgánicos volátiles o no volátiles, estos a su vez desempeñan un papel muy importante en la inhibición del crecimiento y desarrollo de ciertos patógenos. En este proceso se involucran enzimas líticas extracelulares, antibióticos y compuestos de bajo peso molecular (López, 2011).

El efecto de antibiosis que tiene *Trichoderma* spp está ligada fundamentalmente en su prioritaria competitividad por el espacio, el cual interrumpe el desarrollo de distintos organismos ya sean bacterias u hongos que habitan en el suelo, debido a la producción de metabolitos tóxicos que accionaran directamente sobre el patógeno (Utrilla, 2021).

Micoparasitismo: Es un proceso antagonista-patógeno, el cual se da mediante cuatro etapas: crecimiento quimiotrófico, reconocimiento, adhesión-enrollamiento y actividad lítica. Mediante la última etapa, esta no es más que la producción de enzimas líticas extracelulares, principalmente quitinasas, glucanasas y otras proteínas, las mismas que degradan las paredes celulares de los patógenos posibilitando así la penetración de las hifas de *Trichoderma* spp (Companiononi et al., 2019).

Competencia: De acuerdo con Martínez (2013), indica que es un mecanismo antagónico en donde, dos organismos compiten por un mismo objetivo ya sea espacio o nutrientes, este es un mecanismo clásico de biocontrol de este género, de la misma manera este hongo tiene la capacidad de movilizarse y tomar nutrientes del suelo o sustrato, esto permite que este hongo antagónico colonice el habitat evitando el desarrollo de otros microorganismos.

Trichoderma spp cuenta con un rápido crecimiento y secreción de metabolitos de diferente índole siendo esta una de las características que confieren a gran parte de *Trichoderma* spp su mayor capacidad para colonizar un determinado espacio; es así que compiten por los mismos sitios que otros hongos fitopatógenos. Es así que la colonización de *Trichoderma* spp en el área infectada permite reducir la enfermedad, cabe destacar que su carácter saprófito también le otorga competir por sustratos y nutrientes en el medio de forma directa (Companiononi et al., 2019).

4.6. Control químico

El control químico no es más que el uso de una alternativa de productos químicos el cual se caracteriza por ser una de las medidas más rápidas y efectivas, cuyo objetivo es reducir el crecimiento y desarrollo de plagas y patógenos, este factor ha permitido que esta medida se haya posicionado como una de las alternativas de control más inmediatas y “seguras”; cabe destacar la importancia de usar productos químicos que tengan menos toxicidad y más selectividad (Chirinos et al., 2020).

Según Bastidas (2017), manifiesta que CUPROFIX es un fungicida inorgánico que tiene varios modos de acción, eficaz para combatir enfermedades fungosas como bacteriales, su modo de acción es preventivo y curativo, el mismo que actúa por un tiempo prolongado y controla de manera eficiente en los principales cultivos de interés económico: cacao, mango, tomate, papa, etc.

5.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en una finca cacaotera en el recinto Estero Piedras, ubicada en el Cantón Naranjal, específicamente en la parroquia San Carlos, perteneciente a la provincia del Guayas, con una altura de 126 msnm con coordenada UTM WGS84 17S N: 9716400 E: 675125, con una precipitación anual de 520.1 mm, cuenta con una temperatura media anual de 30.1 °C, y con HR promedio anual de 76.5% caracterizada por su clima tropical.

Figura 2

Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: Los autores

La finca ocupa una extensión de 4 ha, en donde el cultivo de cacao hace uso de toda la extensión, con un marco de siembra de 2,5 m x 3 m en plantas de aproximadamente 11 años de edad. Para la aplicación del control químico (Cuprofix) y biológico (Trichobon) se

utilizó 2 diferentes bombas de mochila, para el estudio se tomó en cuenta 200 plantas de cacao las cuales fueron rociadas en la parte foliar y las mazorcas, en dosis de aplicación de 5 L por cada 10 plantas de cada tratamiento.

5.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de carácter experimental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos para el control de Moniliasis (*M. roreni*) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la variedad CCN-51 en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo.

5.3. Materiales

Para el trabajo de la presente investigación se utilizaron materiales: físicos, químicos y biológicos.

Material físico

Lupa, bomba de fumigar, etiquetas, libro de campo, fundas, baldes, saco, impermeable, mascarillas, canecas, balanza, probetas, marcadores, cámara fotográfica.

Material biológico

Plantas de cacao de la variedad CCN-51, Trichobon (*Trichoderma spp*).

Material químico

Cuprofix.

Agua.

5.4. Metodología

5.5.1. Objetivo específico 1

Evaluar la eficiencia de *Trichoderma spp* como agente biocontrolador de *Moniliophthora roreni* en el cultivo de cacao CCN-51.

Para alcanzar el primer objetivo y previo a la aplicación de los diferentes tratamientos, la primera actividad que se realizó fue evaluar la incidencia y la severidad de la enfermedad en cada una de las unidades experimentales. Para evaluar la incidencia y severidad se tomó en cuenta una escala que consta de seis grados que inicia desde el grado 0 el cual describe

a las mazorcas sanas y finaliza en un grado 5 el cual indica la contaminación del micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha en la mazorca.

En la presente investigación se evaluaron cinco (5) tratamientos (Tabla 4), constituidos de la siguiente manera: Trichobon (*Trichoderma* spp) una dosis alta, dosis comercial y dosis baja, 600 g.ha⁻¹, 300 g.ha⁻¹, y 150 g.ha⁻¹ respectivamente, conforme la recomendación del fabricante. Para el control químico se aplicó CUPROFIX en una dosis comercial de: 500 g.ha⁻¹ en 200 L de agua y un testigo el cual no se aplicó ningún tratamiento.

En la aplicación de los tratamientos se tomó en cuenta frutos cuajados hasta las mazorcas de cosecha, esta actividad se realizó cada 15 días con la toma de datos en donde se evaluó la incidencia y severidad.

Tabla 4

Descripción de los tratamientos y dosis implementados

N°	Tratamientos	Dosis	Aplicación
1	Dosis baja	150 g.ha ⁻¹	15 días
2	Dosis comercial	300 g.ha ⁻¹	15 días
3	Dosis Alta	600 g.ha ⁻¹	15 días
4	Control químico (Dosis comercial)	500 g.ha ⁻¹ 200 L agua	15 días
5	Testigo	0	0

Fuente: Los Autores.

5.4.2. Variables del Estudio

- Severidad.
- Incidencia de plantas afectadas.
- Incidencia de frutos afectados.
- Costos variables.

5.4.3. Severidad externa

Para determinar la severidad externa, se aplicó la escala de Sánchez *et al.*, (1987); Sánchez y Gonzales (1989) que consta de (6) grados:

Grado 0 = Fruto sano.

Grado 1 = Presencia de manchas necróticas.

Grado 2 = Presencia de tumefacciones (zona necrótica) o amarillamiento.

Grado 3 = Presencia de mancha parda o café evidente.

Grado 4 = Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha.

Grado 5 = Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha.

Para determinar la severidad externa del patógeno en estudio, en cada una de las UE se aplicó la ecuación 1 (e.1), teniendo para ello las consideraciones respectivas al momento de establecer el grado de afección pertinente, según los parámetros propuestos por Sánchez y Gonzales (1989). Para una mayor facilidad también se utilizó una escala visual, una vez categorizada la severidad externa en cada unidad experimental, estos resultados fueron empleados en la siguiente fórmula, con lo cual se determinó la severidad en cada unidad experimental y por ende cada tratamiento.

$$S = \frac{(n \cdot E0) + (n1 \cdot E1) + (n2 \cdot E2) + (n3 \cdot E3) + (n4 \cdot E4) + (n5 \cdot E5)}{N \times G} \times 100 \quad (\text{e.1})$$

Donde

S = Porcentaje de severidad

n = Numero de mazorcas afectadas en cada grado

E = Grado de afección respectivo

N = Numero de mazorcas evaluadas en cada Unidad Experimental (UE)

G = Mayor grado de severidad evaluado

5.4.4. Incidencia de plantas afectadas

De cada una de las UE se contabilizó el número de plantas afectadas con el patógeno, teniéndose presente que basta que exista un fruto con *Moniliophthora roreri* ya se considera planta infectada. Esta variable se estimó en porcentaje (%), para ello se aplicó la fórmula de Pérez (2021).

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{númerodeplantasconlaenfermedad}}{\text{númerototaldeplantas}} \times 100 \quad (\text{e.2})$$

5.4.5. Incidencia de frutos afectados

De cada uno de los árboles que constituyen la unidad experimental, se contabilizó el total de frutos existentes y de ellos se determinó el número de frutos enfermos. Para determinar esta variable se aplicó la ecuación 3 (e.3) la cual está basada en el estudio de Pérez (2021).

$$Incidencia = \frac{\text{número de frutos enfermos}}{\text{número total de frutos cosechados}} \times 100 \quad (e.3)$$

Los frutos enfermos no fueron retirados de las unidades experimentales, puesto que podría incidir en los tratamientos en cuanto a los diferentes controles.

5.4.6. Número de mazorcas por planta

Para nuestro estudio nos basamos en la publicación de FEDECACAO (2015) en donde se contabilizó el número de mazorcas por planta tomando en cuenta los frutos ya cuajados con éxito y en desarrollo hasta mazorcas de cosecha, con la finalidad de determinar la incidencia que tiene esta enfermedad en cada una de las etapas del fruto.

5.5. Diseño experimental y distribución de tratamientos

El diseño experimental aplicado en este estudio fue un DBCA (bloqueo en el sentido de la pendiente), para lo cual se trabajó con cinco (5) tratamientos y cuatro (4) repeticiones con un total de 20 Unidades Experimentales (UE), cada unidad experimental constituida por “diez (10)” plantas de cacao, por lo tanto, la investigación estuvo constituida por un total de 200 plantas de cacao CCN-51.

Para verificar la normalidad de los datos, se empleó Shapiro-Wilks y la prueba de Levene, este último nos permitió comprobar la homogeneidad de varianzas. Para el análisis en general se utilizó el software InfoStat E20.

5.6. Objetivo específico 2

Realizar el análisis de los costos variables de los tratamientos en estudio.

En relación con los costos, se consideró el valor de cada tratamiento empleado durante la investigación en comparación con la eficiencia obtenida con cada uno de ellos, como recomienda la metodología de Perrin et al. (1984).

6.- RESULTADOS

Para el análisis de los datos se procedió a verificar la normalidad y se aplicó la prueba de Shapiro Wilks y la de Levene, para homogeneidad de varianzas. Para aquellos datos que presentaron normalidad se empleó ANOVA y los que no se empleó Kruskal-Wallis.

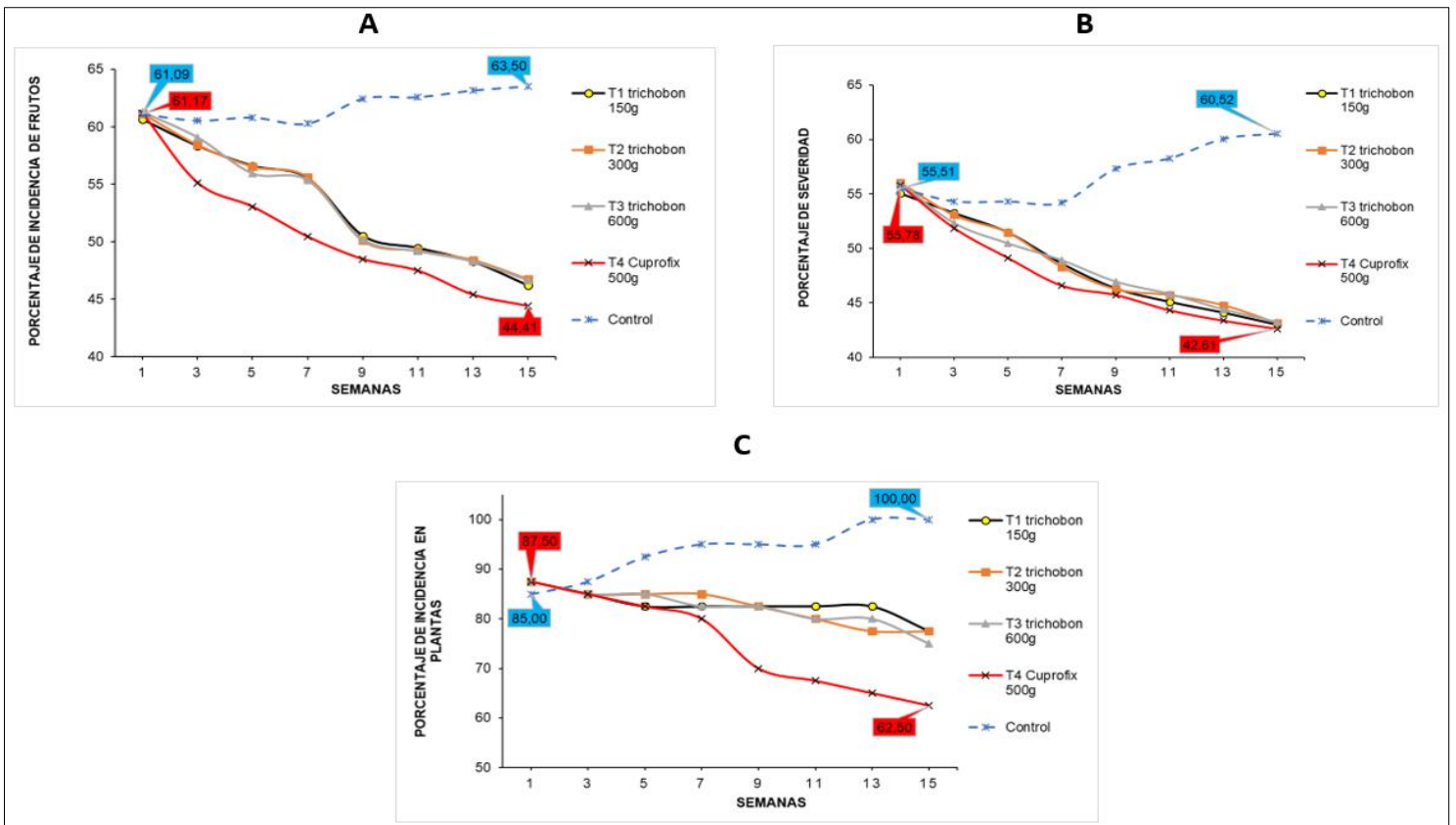
A partir de los tratamientos aplicados se evaluó el porcentaje de la incidencia en frutos, incidencia en plantas y severidad inicial en cada uno de los tratamientos, durante la primera aplicación de las dosis los cuales fueron contabilizados el número de mazorcas sanas y enfermas las mismas que fueron registradas quincenalmente y se muestran a continuación.

6.1. Resultados del desarrollo de la enfermedad durante el estudio

La presente figura nos muestra el avance progresivo de la enfermedad en cada una de las variables; incidencia en frutos infectados (A), severidad (B), e incidencia en plantas infectadas (C).

Figura 3

Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables incidencia en frutos (A); en severidad (B) e incidencia en plantas (C).



Fuente: Los autores

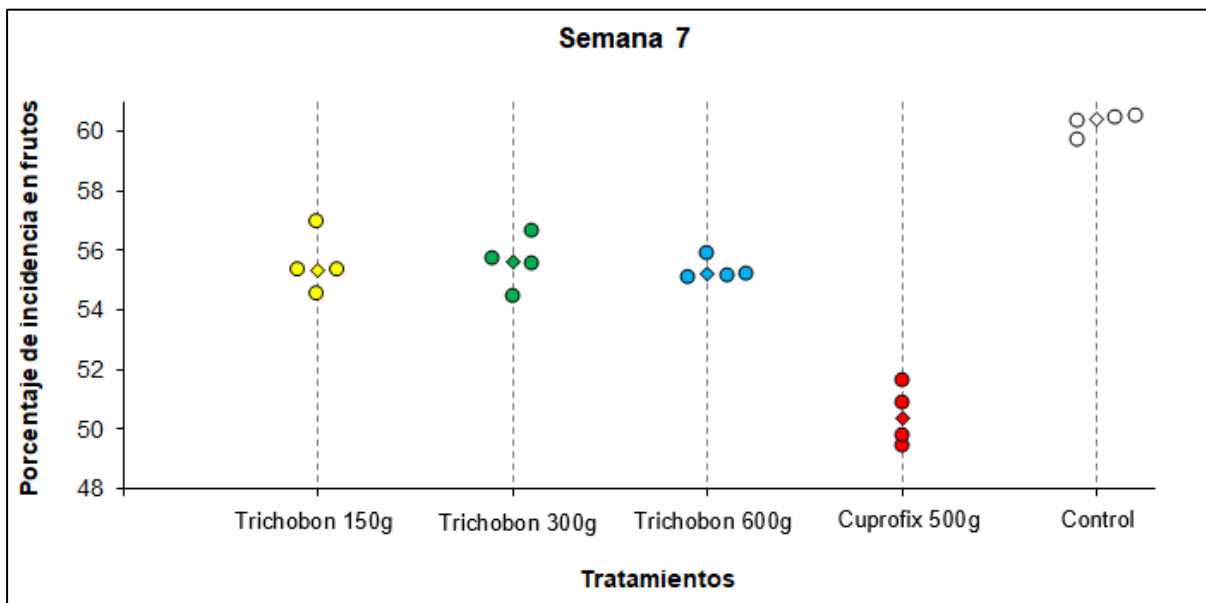
6.2. Incidencia en frutos

A partir de la segunda semana de llevar a cabo el experimento se registraron los primeros datos no encontrando diferencias estadísticamente significativas.

En la semana 7 los datos no presentaron normalidad $w(90) = .82$ $P < .05$. Por lo tanto, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). En la siguiente figura podemos observar que el tratamiento de Cuprofix 500 g.ha⁻¹ es el que presenta menor porcentaje de incidencia de la enfermedad en frutos con respecto a los demás tratamientos.

Figura 4

Incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao en la semana 7



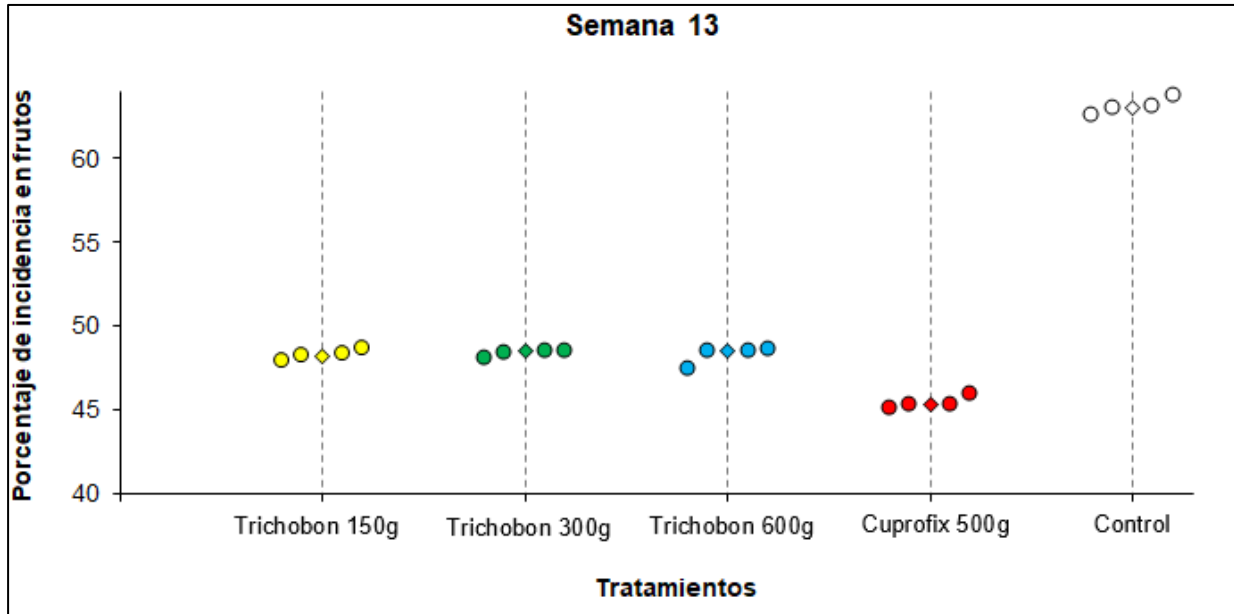
Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal

Fuente: Los Autores

En la semana 13 los datos no presentaron normalidad, por lo tanto, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Se puede observar gráficamente una ligera diferencia entre cuprofix 500 g.ha⁻¹ con respecto a los tratamientos biológicos. Sin embargo, este mismo observado frente al control presenta diferencias significativas (Figura 5).

Figura 5

Incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao en la semana 13



Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal
Fuente: Los Autores

En la semana 15 los datos presentaron normalidad $w(90) = .92$ $P > .05$. En el ANOVA se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 654,10$; $P < 0,01$). Por lo tanto, se realizó una prueba de comparación de medias (Duncan) y se estableció que el tratamiento Cuprofix 500 g.ha⁻¹ presenta mayor efectividad en cuanto a la incidencia. El control presentó mayor incidencia de la enfermedad en los frutos (Tabla 7).

Tabla 5

Prueba de Duncan para la incidencia en frutos en la semana 15

Tratamiento	Medias	
Cuprofix 500 g	44.41	A
Trichobon 150 g	46.19	B
Trichobon 600g	46.64	B
Trichobon 300g	46.74	B
Control	63.50	C

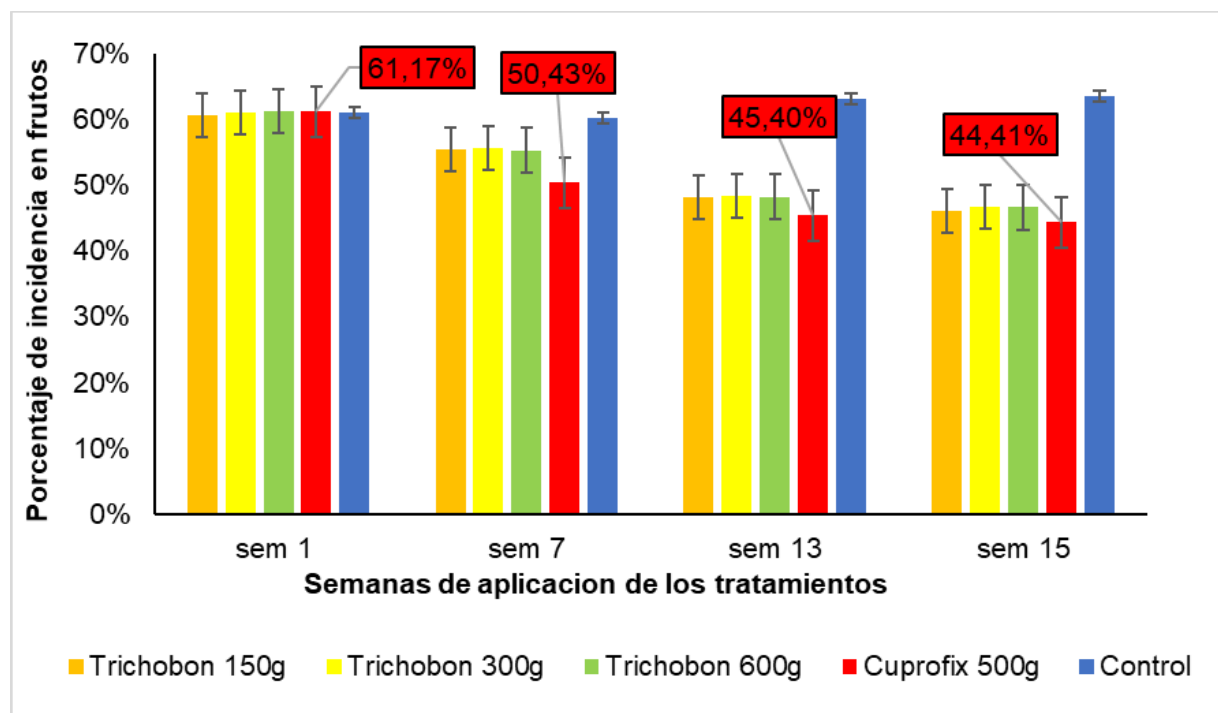
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Los Autores

A nivel general Cuprofix 500 g.ha⁻¹ fue el que presentó menor porcentaje de incidencia en frutos frente a los demás tratamientos, ya que el número de frutos afectados por la enfermedad fue el más bajo y el tratamiento control durante el periodo que duró la presente investigación mostró el mayor valor de frutos con la enfermedad (Figura 6).

Figura 6

Porcentaje de incidencia de frutos a lo largo de 15 semanas



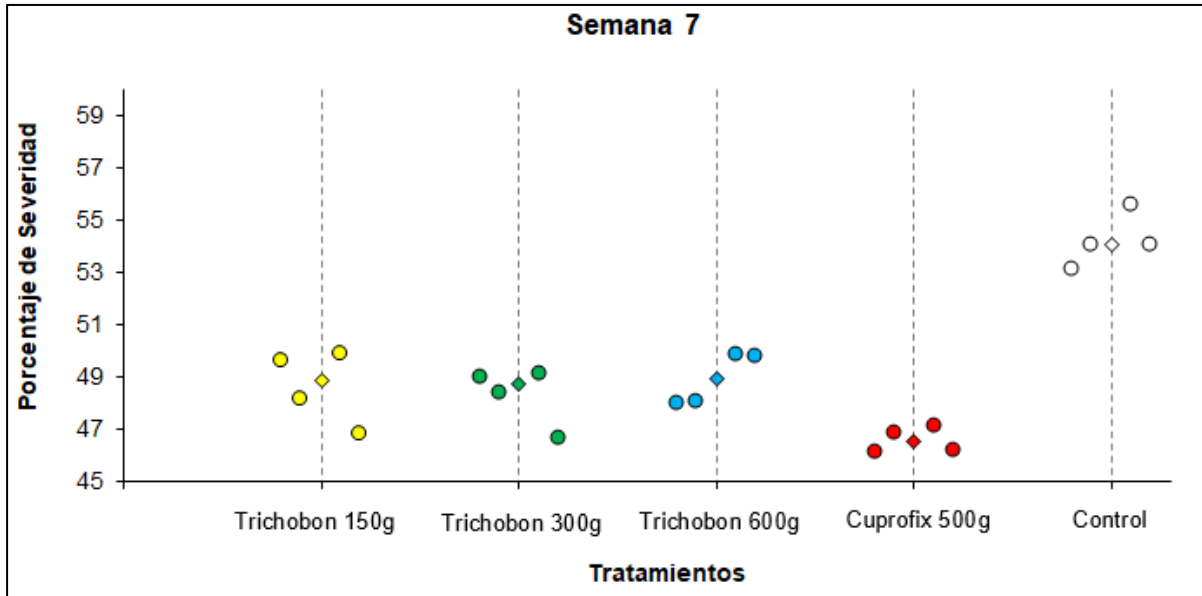
Fuente: Los autores

6.3. Severidad

En la semana 7 los datos no presentaron normalidad, por ello se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis en la cual se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Gráficamente podemos observar que la mediana del tratamiento cuprofix 500 g.ha⁻¹, en comparación a los tratamientos biológicos, tiene un índice inferior de severidad. Sin embargo, si comparamos al tratamiento químico con el control podemos observar diferencias considerables.

Figura 7

Severidad de la enfermedad en la semana 7

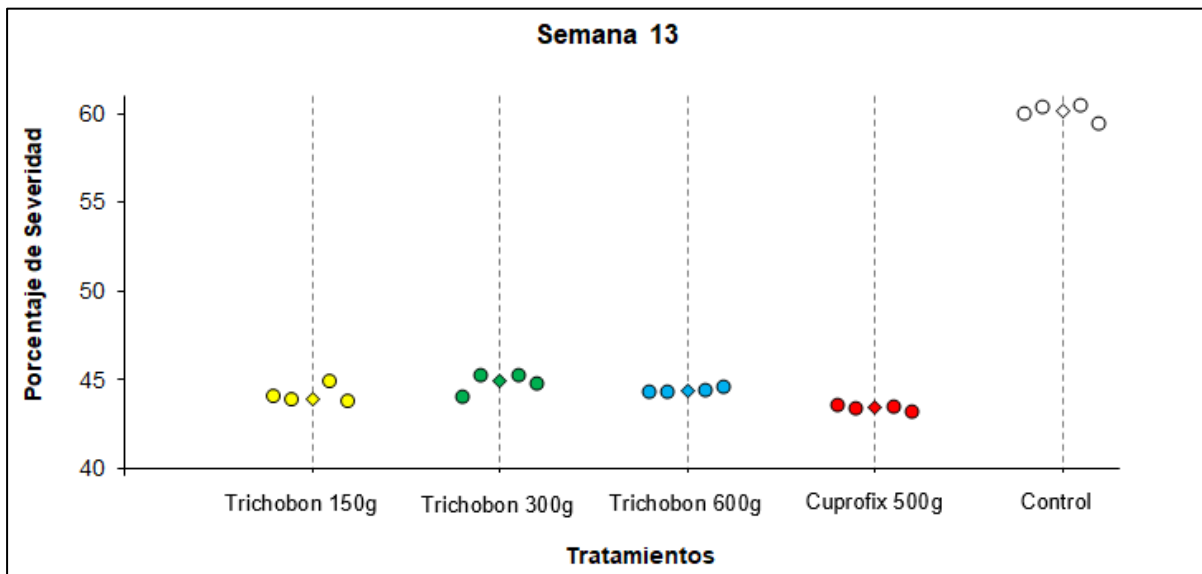


Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal
Fuente: Los Autores

De igual manera, en la semana 13 los datos no presentaron normalidad, luego de realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. Gráficamente podemos observar que los tratamientos biológicos y el tratamiento químico presentan similitudes entre sí, siendo el único diferente el control.

Figura 8

Severidad de la enfermedad en la semana 13

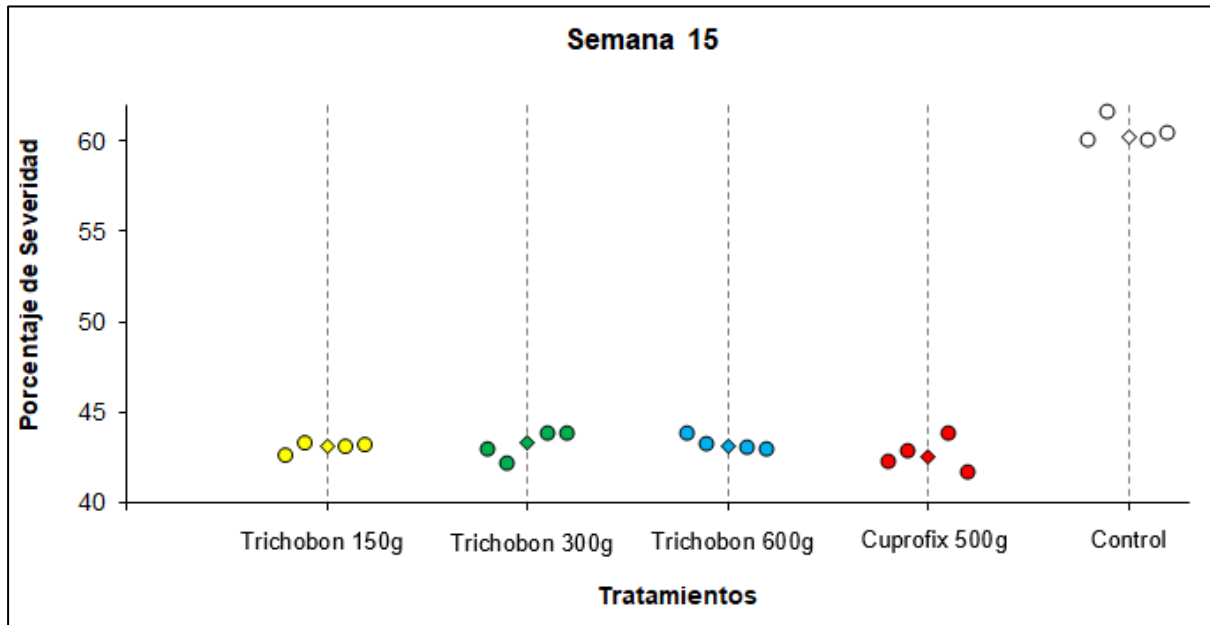


Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal
Fuente: Los Autores

En la semana 15 los datos no presentaron normalidad para la prueba de Levene ($F = 0,23$; $P > 0,05$). Para ello se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. De manera gráfica podemos observar la misma tendencia de la figura anterior (Figura 8).

Figura 9

Severidad de la enfermedad en la semana 15

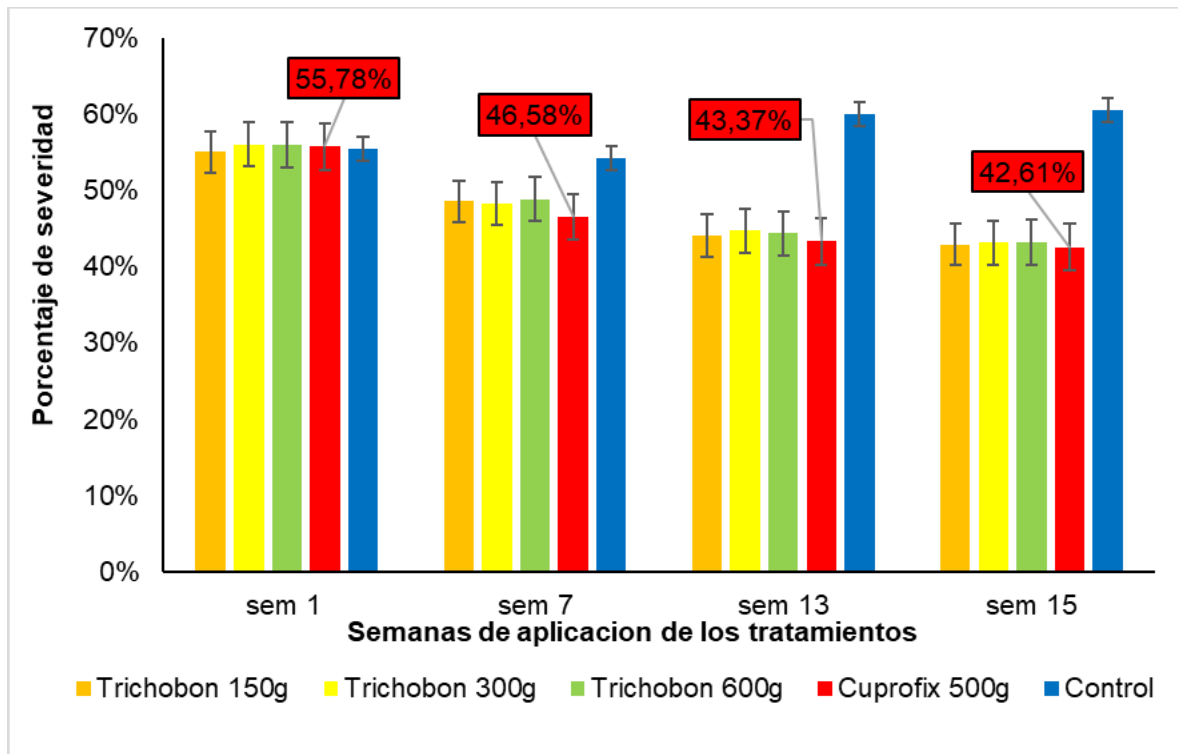


Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal
Fuente: Los Autores

Con relación al porcentaje de severidad podemos observar que Cuprofix 500 g. ha⁻¹ y los tratamientos biológicos en las dosis de 150 g.ha⁻¹ y 300 g.ha⁻¹, presentaron resultados similares entre sí; sin embargo, en el tratamiento control se determinó que al llegar a la semana 15 el porcentaje de severidad se incrementó un 5.01 % (Figura 10).

Figura 10

Porcentaje de severidad a lo largo de 15 semanas



Fuente: Los Autores

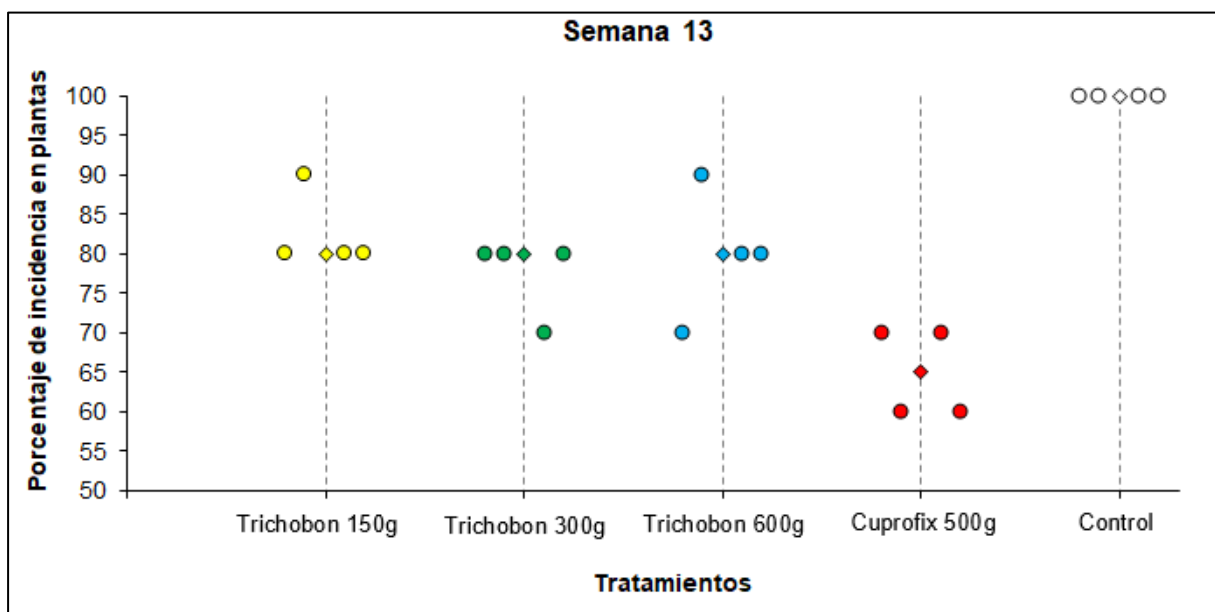
6.4. Incidencia en plantas

En la semana 7 se realizó una prueba de Kruskal-Wallis en donde no se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.5$).

En la semana 13 se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Las cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). De manera general se puede observar que el tratamiento de Cuprofix 500 g.ha⁻¹ es el que presenta menor porcentaje de incidencia de la enfermedad en plantas con respecto a los demás tratamientos.

Figura 11

Incidenca de la enfermedad en plantas para la semana 13



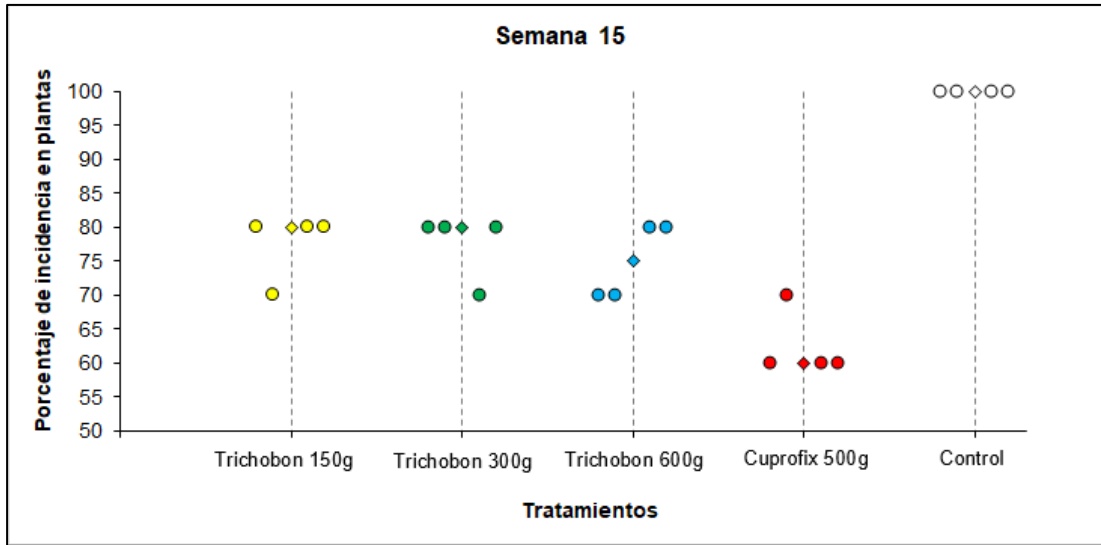
Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal

Fuente: Los Autores

En la semana 15 se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que presentó diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). De manera gráfica podemos observar la misma tendencia de la figura anterior (Figura 11).

Figura 12

Incidencia de la enfermedad en plantas para la semana 15

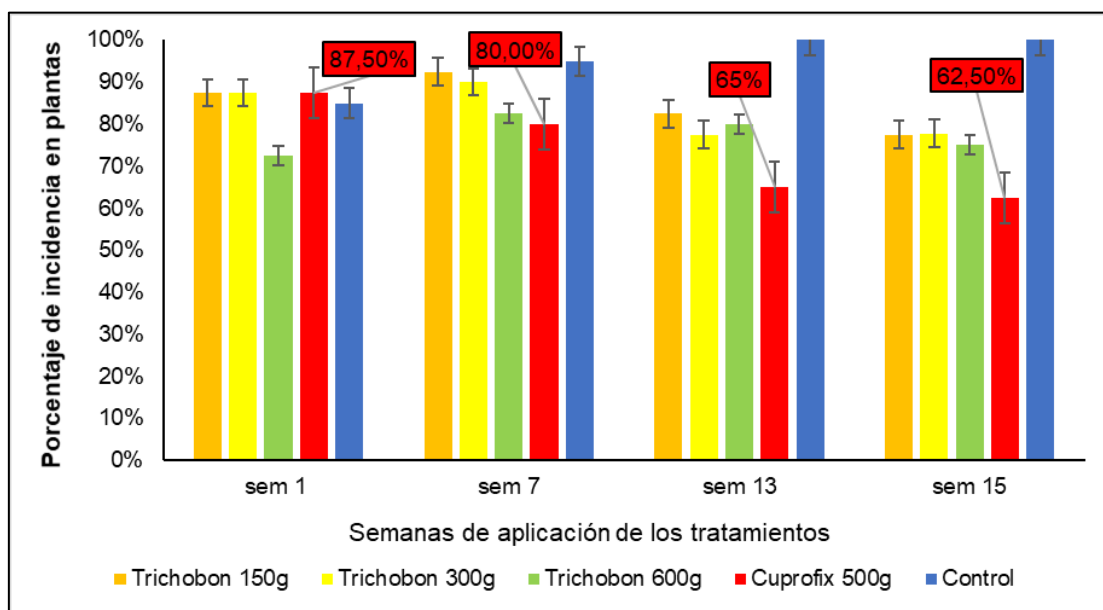


Nota: la mediana está representada en cada uno de los tratamientos por una figura romboidal
Fuente: Los Autores

En la presente figura podemos observar que Cuprofix 500 g.ha⁻¹ presenta el menor valor de incidencia en plantas en comparación a los demás tratamientos disminuyendo la enfermedad en las plantas de cacao en un 25% en un periodo de 16 semanas. Mientras que en el control se pudo observar un aumento de la incidencia en las plantas de un 15 % (Figura 13).

Figura 13

Porcentaje de incidencia de plantas a lo largo de 15 semanas



Fuente: Los autores

6.5. Análisis económico de los tratamientos

En la siguiente tabla se representan los costos variables por hectárea de cada uno de los productos empleados en el estudio, sin embargo, cabe recalcar que el costo presentado es para una sola aplicación. Siendo el T4 económicamente más rentable y el T3 el más costoso para el control de *Moniliophthora roreri*.

Tabla 6. Análisis económico de las variables

Tratamiento	Rubro	Presentación	Valor Unitario	Cantidad	Total
T1 (150 g)	Trichobon	Envase de 300 g	23	0,5	11,5
	Aplicación	1 jornal	20	1	20
				Costo total ha	31,5
T2 (300 g)	Trichobon	Envase de 300 g	23	1	23
	Aplicación	1 jornal	20	1	20
				Costo total ha	43
T3 (600 g)	Trichobon	Envase de 300 g	23	2	46
	Aplicación	1 jornal	20	1	20
				Costo total ha	66
T4 (500 g)	Cuprofix	Funda de 500 g	2,5	1	2,5
	Aplicación	1 jornal	20	1	20
				Costo total ha	22,5

Fuente: Los Autores

7.- DISCUSIÓN

El uso de agentes biológicos como control de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao ha demostrado diversos resultados Pérez (2021) manifiesta que, el uso de *Trichoderma* spp, es efectivo en el control de hongos debido a su actividad antagonista, la aplicación de Trichobon (*Trichoderma* spp) en la presente investigación mostró resultados en la incidencia de la enfermedad en las primeras semanas sin mucha diferencia del control químico, lo que corrobora con el estudio de Pérez (2021) en donde se ve reflejada la disminución de la enfermedad (moniliasis) en los frutos con la aplicación de *Trichoderma* spp, en este estudio de igual manera se evaluó la incidencia de la enfermedad tomando en cuenta el número de mazorcas sanas y enfermas.

Por otro lado, en una investigación realizada por Bailey et al. (2008), mencionan que especies de *Trichoderma* spp presentan alta efectividad mico parásita en frutos con monilla debido a que coloniza el fruto necrótico, lo que indica una respuesta en la resistencia en las plantaciones de cacao ante la enfermedad, esto concuerda con el presente trabajo, en el cual *Trichoderma* spp se estableció en las plantas y la dosis más alta 600 g.ha⁻¹ (T3) controló *M.roreri*, Solís et al. (2004), su estudio presentó una reducción de enfermedades en parcelas tratadas con *T. koningiopsis* y *T. stromaticum* que fue similar a lo obtenido en este experimento.

Tirado et al, (2016) indican que los tratamientos químicos mejoran la producción de cacao, siendo los más destacados los fungicidas elaborados a base de cobre y el flutolanil, para lo cual en el presente estudio como tratamiento químico se empleó Cuprofix cuya formulación es en base de cobre lo que le permite inhibir la germinación de esporas y el desarrollo micelial. Mejía et al, (2018) Indican que el cobre es una herramienta eficaz en el control de múltiples enfermedades, lo anterior coincide con la investigación, puesto que el tratamiento químico a lo largo de las semanas superó al biofungicida en la obtención de un mayor número de mazorcas sanas y en aquellas que hubo incidencia, la severidad fue inferior al resto de los tratamientos en estudio.

La recomendación que realiza Deberdt et al, (2008) en su estudio es la alternancia de los tratamientos químicos con los biológicos, con lo cual se reduciría la aplicación de fungicidas químicos en general, empleándose con una frecuencia moderada, ya que utilizarlo de manera abusiva podría ocasionar daños fisiológicos en las plantas, además causar graves consecuencias en la salud, de los animales, los seres humanos y daños en el medio ambiente, en cambio los biofungicidas causan un bajo impacto en el ambiente, sobre todo en

los organismos benéficos así como en el ser humano pero su acción no es inmediata, requiere más tiempo, y los costos son más elevados como es el caso de *Trichoderma spp.*

Las condiciones ambientales influyen en la infección de *Moniliophthora roreri* en los cultivos de cacao, el hongo requiere humedad relativa alta para germinar principalmente en los primeros estadios de crecimiento de los frutos jóvenes de cacao (Muñoz et al., 2017), por lo cual, es importante mencionar que el estudio se realizó en época invernal, en donde las precipitaciones fueron constantes, haciendo que exista mayor desarrollo del hongo, estudios han reportado que las esporas de *M. roreri* poseen altos periodos de longevidad y dormancia (González, 1981), pudiendo reposar en los residuos del suelo y así cumplir un nuevo ciclo de la enfermedad por lo que también se recomienda la aplicación de *Trichoderma spp* a nivel del suelo.

En cuanto a la severidad, no existió gran diferencia entre el control químico y el biofungicida, pudiendo destacarse la acción de *Trichoderma spp* como lo manifiesta (Muñoz, 2016), ya que la efectividad de los productos biofungicidas se basa en reducir las poblaciones a tal nivel que no sobrepase el umbral económico, el cual reduce significativamente el daño ocasionado por esta enfermedad (*Moniliophthora roreri*) más no en la eliminación del patógeno, mientras que lo que se evidenció en la investigación fue que, conforme avanzó el estudio, fueron notorias las mejorías en los tratamientos químico y biológico teniendo así, en la severidad una disminución de más del 10% de la enfermedad.

López (2017) indica que, la aplicación de *Trichoderma spp.* habilita una protección del cultivo contra la moniliasis, en nuestro estudio dicha protección es similar en cualquiera de las dosis de Trichobon. Por otra parte, el tratamiento de Cuprofix es menos costoso, no obstante, el mismo puede producir daños a la salud al no ser correctamente aplicado, sin embargo, es el agricultor el que tiene la potestad de elegir de manera precisa el tratamiento adecuado.

8.- CONCLUSIONES

Cumpliendo con los objetivos planteados y resultados obtenidos en la investigación podemos concluir:

Que la aplicación del biofungicida (Trichobon) contribuyó en la reducción de la germinación y desarrollo micelial del hongo (*Moniliophthora roreri*) moniliasis en la variedad de cacao CCN-51.

No existieron diferencias tangibles entre las dosis de los tratamientos biológicos por lo que dependerá de los productores elegir la dosis que sea económicamente más rentable para ellos.

En cuanto a los costos variables podemos concluir que, el uso de un fungicida de base químico económicamente resulta más rentable que el uso de un biofungicida, no obstante, hacer mal uso de los mismos pueden afectar al medio ambiente, sin embargo, es importante mencionar que correctamente aplicados, los productos sintéticos presentan un impacto ambiental controlado. Al final del día, los productores seleccionarán aquello que sea económicamente viable para su operación, por lo que hasta que los controles biológicos sean igual de efectivos a un precio competitivo, los productores probablemente se inclinarán por el control químico.

9.- RECOMENDACIONES

- Para un mejor control de la moniliasis se recomienda además de aplicar biofungicida, realizar labores culturales como lo es la poda y retiro de material vegetal contaminado con la enfermedad, además de realizar prácticas MIM según sea necesario.
- Para futuras investigaciones se recomienda trabajar con cepas nativas de *Trichoderma* spp, puesto que se ha demostrado que las especies nativas tienen mayor poder antagónico contra monilla (*Moniliophthora roreri*).
- Definir épocas y secuencias para aplicar los biofungicidas.
- En el estudio se puede observar la acción que tienen los biofungicidas de manera que se recomienda continuar con el estudio para profundizar el conocimiento y el comportamiento antagónico de *Trichoderma* spp en un mayor número de unidades experimentales.
- Debido a que fuimos testigos del uso de un solo fungicida queda a criterio propio realizar rotación de productos agroquímicos.

10.- REFERENCIAS

Amores, F. (2012). Moniliasis del cacao, un Hongo Mortal. *Croplife Latin América*, 2-3.

<https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>

Asociación nacional de exportadores de cacao. (2015). Exportación ecuatoriana de cacao – 2015 [Archivo PDF].

<https://anecacao.com/index2022.html>

Bailey BA, Bae H, Strem MD, Crozier J, Thomas SE, Samuels GJ, Vinyard BT y Holmes KA. (2008). Antibiosis mico parasitismo y éxito de colonización para endófitos aislados de *Trichoderma* con potencial de control biológico en *Theobroma cacao*. *Science Direct. USA* 24-35.

BAIYEE, B.; ITO, S.; SUNPAPAO, A. (2019). Actividad antifúngica mediada por *Trichoderma asperellum* T1 y respuesta de defensa inducida contra hongos de manchas foliares en lechuga (*Lactuca sativa* L.) *Science Direct*, 96-101.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0885576518303047?via%3Dihub>

Bastidas, V. (2017). Estudio exploratorio del control biológico de la monilla (*Moniliophthora roreri*) en cacao nacional (*Theobroma cacao* L) con microorganismos nativos de la zona de Mocache [Tesis de grado, Universidad técnica estatal de Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/28/browse?type=author&order=ASC&rp=20&value=Bastidas+Ruiz%2C+Valeria+Estefania>

Benítez, S. (2019) *Evaluación in vitro del efecto supresivo de Trichoderma spp. para el control de moniliasis (Moniliophthora roreri) del Cacao (Theobroma cacao L)* [Tesis de grado de Universidad San Francisco de Quito].

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8171/1/142056.pdf>

Carvalho, D. D. C., Inglis, P. W., Ávila, Z. R. de, Martins, I., Muniz, P. H. P. C. & Mello, S. C. M. de. (2018). Características morfológicas y variabilidad genética de *Trichoderma* spp. De Suelos de Cultivo de Algodón Convencional en el Distrito Federal, Brasil *Revista de Ciencia y Agricultura*, 146-155.

<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/74833>

Cedeño J, Estrella E, Falconi C, Núñez G, Uday V (2011) medidas de control de bajo impacto ambiental para mitigar la moniliasis (*Moniliophthororeri* cif y par. evans et al.) en cacao híbrido nacional x trinitario en santo domingo de los Tsáchilas [Tesis de grado, Universidad Escuela politécnica del ejército, Santo Domingo].

Cerezo, J (2010). Rendimiento del cacao. *El Universo*.
<https://www.eluniverso.com/2010/02/17/1/1366/rendimiento-cacao.html/>

CEPAL. (2016). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ecuador. *Lineamientos estratégicos para las agendas de innovación en las cadenas de café y cacao*.

Chamorro, M. (2018). *Evaluación de programas fitosanitarios junto a una práctica cultural para el control de Moniliophthora roleri en cacao Theobroma cacao* [Tesis de grado, Universidad central del Ecuador]
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14565/1/T-UCE-0004-A62-2018.pdf>

Chirinos Doris, T., Castro Rossana., Cun Jorge., Castro Jessenia., Peñarrieta Bravo, S., Solis Leonardo., Geraud- Pouey, F. (2020). *Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos en algunas provincias del Ecuador*. Revista Ciencia y tecnología Agropecuaria. p.13.

<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n1/0122-8706-ccta-21-01-00084.pdf>

Companioni González, B., Domínguez Arizmendi, G., & García Velasco, R. (2019). *Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura*. *Biotecnología Vegetal*, 237-248.

<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/639>

Cubillos, G. (2019). *La moniliasis del cacao: daños, síntomas, epidemiología y manejo*. *Revista compañía nacional de chocolates* 13.

<https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/09/Cartilla-Monilia-CNCH-2019.pdf>

Deberdt P, Mfegue CV, Tondje PR, Bon MC, Ducamp M, Hurard C, Begoude D, Ndoumbé Nkeng M, Hebbar PK, Cilas C. (2008). *Impact of environmental factors, chemical*

fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (Phytophthora megakarya) in Cameroon. Biological Control. 44(2):149-159.

Doni A, Che R, Wan M (2014). "Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. Inoculants. AMB Express". Springer. 4:45.

<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/trichoderma-control-de-hongos-fitopat%C3%B3genos>.

Echeverría, J. (2018). "Efecto de diferentes coadyuvantes en el establecimiento y supervivencia de *Trichoderma* (*Trichoderma* sp.) sobre mazorcas de cacao, para el control biológico de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*)." [Universidad de las fuerzas armadas].

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14246/1/T-IASA%20I-005432.pdf>.

Fedecacao. (2015). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao*. Bogotá - Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

[https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/-](https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/)

González, L.C. 1981. Efecto de las fuentes de inóculo sobre las posibilidades de combate de la moniliasis del cacao. Acta de la Primera Jornada de Investigación. Universidad de Costa Rica, San José, CRI.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura . (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao*. San José, Costa Rica: AGRIS .
file:///C:/Users/Viviana/Downloads/BVE17089191e.pdf

Instituto nacional de estadísticas y censos (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua .ESPAC
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf.

Reports 36, 2. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2017.032.002>.

López, R. (2011). Detección y cuantificación de *Trichoderma harzianum*, y evaluación de su actividad biocontrol frente a Fusariosis vascular del melón mediante la aplicación de herramientas moleculares [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante].
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/22767/1/Tesis_Mondejar.pdf

López-Ferrer, Ursula del Carmen , Brito-Vega, Hortensia , López-Morales, David , Salaya-Domínguez, José Manuel , Gómez-Méndez Edmundo (2017). Papel de *Trichoderma* en los sistemas agroforestales - cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Mexico. Universidad de Yucatán

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93950595003>

Maisincho, M. (2006). "Fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51 Inoculando *Acetobacter*." [Universidad técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3341/1/P80%20Ref.2969p.pdf>

Martínez, B. (2013). *Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos*. Revista Protección Vegetal 3-7.

<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>

Mejía LC, Rojas EI, Maynard Z, Van Bael S, Arnold AE, Hebbbar P, Samuels GJ, Robbins N, Herre EA. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biol Control*.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). Proyecto de Reactivación de café y cacao nacional fino de aroma realizó mesa de concentración de cafés especiales del Ecuador. <https://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-reactivacion-de-cafe-y-cacao-nacional-fino-de-aroma-realizo-mesa-de-concertacion-de-cafes-especiales-del-ecuador/>

Mora, A. (2021). Uso de diferentes dosis de extractos etanolicos de ajo para el control de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao (Tesis de grado, Universidad técnica de Machala).

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16558/1/TTUACA-2021-IA-DE00024.pdf>

Muñoz, J. (2019). *Control de Phytophthora palmivora en Teobroma cacao L. Clon CCN - 51 con fosetil aluminio, hidróxido de cobre y propineb en Satipo*. Perú: UNCP.

http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/5379/T010_46167706_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Navia, V. (2016). Fungicidas minerales (Polisulfuro de calcio + Caldo de ceniza) en el control de moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) en cacao (*Theobroma*

cacao L.) variedad "CCN-51" a la edad de tres años. [Tesis de grado, Universidad Técnica estatal de Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1905/1/T-UTEQ-0047.pdf>

Paredes, A. (2009). *Manual de cultivo de cacao para la amazonia ecuatoriana*. Orellana, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía, Unidad de Recursos Fitogenéticos. (Manual no.76).

Pérez, D. (2021) Poda fitosanitaria con la aplicación de biofungicida para el control de Moniliasis en cacao CCN 51. [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20VACA%20DORA%20INES.pdf>

Perrin R., D. Winkelmann, E. Moscardi, J. Anderson. (1983). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México. Folleto #27.

PROECUADOR. (2013). Análisis del sector Cacao y elaborados. Quito: Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones.

Quevedo, I. (2012). Evaluación de fungicidas sistémicos y de contacto en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) [Tesis de posgrado para la obtención al título de magister en ciencias, Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas].

<https://1library.co/document/ozlno7rq-evaluacion-fungicidas-sistemicos-contacto-control-moniliasis-moniliophthora-theobroma.html>

Ronquillo, M. (2020). Incidencia de inoculantes microbianos en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.) [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RONQUILLO%20MACIAS%20MARCOS%20STEVEN.pdf>

Sánchez J.A., Brenes, O., Phillips-Mora, W., Enríquez, G. (1987). *Metodología para la inoculación de mazorcas de cacao con el hongo Moniliophthora roreri. (Monilia)* *Proceedings of the Tenth International Cocoa Research Conference*. Santo Domingo, Dominican Republic: Cocoa Producers' Alliance. 467–472 p.

Sánchez, J.A., González, L.C. (1989). *Metodología para evaluar la susceptibilidad a moniliasis en cultivares de cacao (Theobroma cacao)*. Revista Turrialba Vol 39, No. 4. pp. 461-468.

Sandoval, M, Belesansky, C (2020). Producción artesanal del hongo antagónico *Trichoderma Persoon* en sustrato sólido. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental* p56.

<https://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2020/09/Sandoval-y-Belesansky.pdf>

Solis Hidalgo, Z. K., y Suárez Capello, C. (2004). *Uso de Trichoderma spp para control del complejo Moniliasis Escoba de Bruja del cacao en Ecuador*. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue.

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3368>

Suarez, J., & Hernández, A. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao L*) en Colombia, con énfasis en monilla (*Moniliophthora roreri*). *Revista Corpoica* 25-28.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12699/81628_56560.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Tirado-Gallego PA, Lopera-Álvarez A, Ríos-Osorio LA. (2016) Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao L.*: revisión sistemática *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*.

DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517

Utrilla, G. (2021). *Trichoderma como alternativa frente a los agroquímicos* (Tesis de pregrado, Universidad Científica del sur.

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1873/TB-Utrilla%20G.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vera, J, Vera, J (2018). *Polinización artificial para incrementar la productividad en huertas y la obtención de cruces internacionales de cacao (Theobroma cacao L.)*, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, p 53.

Villegas, M. (2005). *Trichoderma* características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. *Revisa oriusbiotech*, 93-95.

<https://www.redalyc.org/pdf/939/93950595003.pdf>

11.- ANEXOS

Anexo 1.

Delimitación de cada uno de los bloques



Anexo 2

Etiquetado de las plantas de cacao en el área de estudio



UCUENCA

Anexo 3

Aplicación del control químico en las plantas de cacao



Anexo 4

Preparación de cada uno de los tratamientos en sus diferentes dosis



UCUENCA

Anexo 5

Pesaje del tratamiento químico (Cuprofix)



Anexo 6

Pesaje del tratamiento Biológico (Trichobon)



Anexo 7

Desarrollo de la enfermedad

