



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE MANZANILLA Y AJO  
SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE MONILIOPTHORA RORERI A  
NIVEL IN VITRO"

TACURI ARGUDO JUAN ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

"EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE MANZANILLA Y AJO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE MONILIOPTHORA RORERI A NIVEL IN VITRO"

TACURI ARGUDO JUAN ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

"EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE MANZANILLA Y AJO SOBRE EL  
CRECIMIENTO MICELIAL DE MONILIOPTHORA RORERI A NIVEL IN VITRO"

TACURI ARGUDO JUAN ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

HERRERA REYES SAYDA NOEMI

MACHALA, 23 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
2022

# EVALUACION DE LA COMBINACION DE EXTRACTOS

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>1</b> %	%	<b>1</b> %	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>Alvaro Celis, Cristina Mendoza, Marco Eduardo Pachón. "Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses", Temas Agrarios, 2018</b>	<b>1</b> %
	Publicación	

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 50 words

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, TACURI ARGUDO JUAN ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado "EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE MANZANILLA Y AJO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE MONILIOPTHORA RORERI A NIVEL IN VITRO", otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

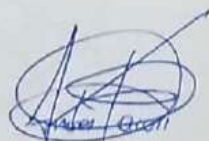
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 23 de febrero de 2022



TACURI ARGUDO JUAN ANDRES  
0705946648

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es gracias a Dios, quien me ha bendecido con inteligencia, sabiduría y salud para que logre alcanzar mis metas como es culminar mi carrera universitaria e iniciar mi vida profesional.

Quiero también dedicar en unas cortas líneas a dos personas importantes que me dieron la vida: a Segundo José Tacuri Zhangallimbay (+) y Blanca Flor Esperanza Argudo Jara (+), mis adorados padres. A ellos que me regalaron una familia unida, llena de principios y valores, estoy seguro que desde el cielo me acompañarán en todos los momentos especiales de mi vida.

A mis hermanos Sergio Marcelo, Blanca Liliana, Segundo José, Marcia Victoria y Manuel Eliseo, que siempre me han brindado su apoyo incondicional, sabiduría y fortaleza.

A mis sobrinos Carlos Gabriel, Joel Francisco, David Luiz, Karla Romina, Joseph Sebastián, Bryan Enmanuel y Eduardo Ezequiel, que son mi alegría y para quienes quiero ser un ejemplo de perseverancia y superación

Para finalizar, dedicar a mi tutora la Bq. Sayda Herrera por todos sus conocimientos brindados durante toda mi carrera, tanto de maestra como de mi tutora de este trabajo, así mismo también al Ing. Edison Jaramillo quien me brindo sus conocimientos y su tiempo cuando se la pedí durante la realización de este trabajo, los cuales aportaron mucho a mi formación académica

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios por permitirme terminar mi etapa universitaria con sabiduría, salud y por darme la fortaleza que necesito día a día para continuar con mi vida.

Quiero agradecerles a mis hermanos Marcelo, Liliana, José, Marcia y Eliseo, que siempre han estado para mí, ayudándome en todo, en lo económico, en lo emocional y sobre todo en lo familiar.

A la Bq. Sayda Herrera en calidad de tutor, por estar siempre presente apoyándome, brindándome su conocimiento y tiempo, siendo parte fundamental en este trabajo investigativo.

Al Ing. Edison Jaramillo por su aporte a mi trabajo de tesis, dando siempre consejos e ideas de hacia dónde dirigirme, por su sabiduría y ayudarme de forma desinteresada.

A mi amigo el Ing. Jhon Bernal por su amistad incondicional, sus consejos en su experiencia profesional y por sus palabras de aliento para continuar con mi sueño.

# EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE MANZANILLA (*Chamaemelum nobile*) Y AJO (*Allium sativum*) SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE *MONILIOPTHORA RORERI* A NIVEL IN VITRO.

## Autor

Juan Andres Tacuri Argudo

## Tutor

Bq. Sayda Noemi Herrera Reyes, Ms C

## RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol herbáceo que pertenece al género teobroma. A nivel mundial la producción de cacao anualmente es de 4.3 millones de toneladas de grano de cacao de los cuales están distribuidas 74.9% concentrado en África Occidental 12.1% en el sureste asiático y 13% en América latina. Los principales productores de cacao en América Latina son Brasil, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, y Trinidad & Tobago, en el Ecuador el sector cacaotero creció en un 10% y las exportaciones alcanzaron 260 mil toneladas métricas (87% grano y 13% productos derivados). En el Ecuador la producción de cacao se localiza en 23 de las 24 provincias, Esmeraldas, Manabí, Pichincha y Cotopaxi ocupan 80.000 ha sembradas. Las principales enfermedades en América latica que atacan a las plantaciones de cacao son: la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*, en el Ecuador la escoba de bruja afecto un 60 a 70% de la producción, y la moniliasis provoco perdidas hasta de un 80% en plantaciones cacaoteras. La moniliasis del cacao es una enfermedad causada por el hongo (*Moniliophthora roreri*), esta enfermedad se originó en el noreste de Colombia y en el Ecuador fue detectada por primera vez en el año 1917. Las esporas del hongo atacan a los frutos dependiendo de la edad y condiciones ambientales provocando deformaciones, manchas color marrón cubiertas con un micelio blanco, marchitez y necrosis del fruto completamente. Los principales controles para moniliasis que se ponen en práctica son el control cultural, químico y biológico, el manejo integrado asociado de los factores climáticos ha demostrado la reducción de la enfermedad en un 40%, otra de las alternativas es el uso de hongos antagonistas como el *Bacillus subtilis* para controlar los fitopatógenos en cultivos de importancia económica, además en el control químico se sugiere utilizar Clorotalonil, un fungicida no sistémico de amplio espectro. Los extractos vegetales son una alternativa de agricultura orgánica, debido a su efectividad para el control de plagas, enfermedades y arvenses. En base a la problemática que viven los pequeños y grandes productores de cacao al no tener un control y manejo eficiente para moniliasis, se plantea el uso de extractos botánicos como una alternativa cultural contra hongos fitopatógenos, por lo que se empleara diferentes tratamientos de extractos etanólico para inhibir el crecimiento micelial del hongo (*Moniliophthora roreri*), a nivel in vitro. El estudio se realizó en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de



Machala. Se preparó 1500 ml de medio de cultivo papa-destroza-agar (PDA), del cual utilizamos 820 ml para nuestro experimento. Para la selección del material vegetal se realizó un análisis de artículos científicos donde usaban extractos botánicos de origen vegetal que evidenciaban resultados favorables en sus estudios para el control de hongos fitopatógenos y su inhibición del crecimiento radial a nivel in vitro. Las plantas seleccionadas fueron: Ajo (*Allium sativum*) - Manzanilla (*Chamaemelum nobile*). La dosificación se realizó de la siguiente manera, en 10 recipientes de vidrio con medidas establecidas de 70-80-90 ml pda, se colocó 10-20-30 ml del extracto ajo, manzanilla y el combinado de acuerdo a los tratamientos y una botella de 100 ml de pda como testigo para evidenciar la diferencia significativa en relación al testigo, una vez terminado se procede al plaqueo y siembra del inóculo. En condiciones controladas de laboratorio, los tratamientos que presentaron mayor efecto inhibitorio T6 (extracto acuoso de ajo al 30%), T5(extracto acuoso de ajo al 20%) y T9 (extracto acuoso de ajo-manzanilla al 30%) son estadísticamente iguales y superiores al resto de los tratamientos.

**Palabras claves:** moniliasis, tratamientos, extractos, theobroma cacao

# **Evaluation of aqueous extracts of chamomile (*Chamaemelum nobile*) and garlic (*Allium sativum*) on the mycelial growth of *Moniliophthora roreri* at in vitro level**

## **Author**

Juan Andres Tacuri Argudo

## **Tutor**

Bq. Sayda Noemi Herrera Reyes, Ms C

## **ASBTRACT**

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a herbaceous tree that belongs to the *theobroma* genus. Worldwide, cocoa production annually is 4.3 million tons of cocoa beans, of which 74.9% are concentrated in West Africa, 12.1% in Southeast Asia and 13% in Latin America. The main cocoa producers in Latin America are Brazil, Ecuador, Peru, Colombia, Venezuela, and Trinidad & Tobago. In Ecuador, the cocoa sector grew by 10% and exports reached 260 thousand metric tons (87% grain and 13% derived products). In Ecuador, cocoa production is located in 23 of the 24 provinces, Esmeraldas, Manabí, Pichincha and Cotopaxi occupy 80,000 planted hectares. The main diseases in Latin America that attack cocoa plantations are: witches' broom (*Moniliophthora perniciosa*) and moniliasis (*Moniliophthora roreri*, in Ecuador witches' broom affected 60 to 70% of production, and moniliasis caused losses of up to 80% in cocoa plantations). Cocoa moniliasis is a disease caused by the fungus (*Moniliophthora roreri*), this disease originated in northeastern Colombia and in Ecuador was detected for the first time in 1917. The spores of the fungus attack the fruits depending on the age and environmental conditions causing deformations, brown spots covered with a white mycelium, wilting and necrosis of the fruit completely. The main controls for moniliasis that are put into practice are cultural, chemical and biological control, the associated integrated management of climatic factors has shown a reduction of the disease by 40%, another alternative is the use of antagonistic fungi such as *Bacillus subtilis* to control phytopathogens in crops of economic importance, in addition to chemical control it is suggested to use Chlorothalonil, a broad-spectrum non-systemic fungicide. Plant extracts are an alternative to organic agriculture, due to their effectiveness in controlling pests, diseases and weeds. Based on the problems experienced by small and large cocoa producers by not having efficient control and management for moniliasis, the use of botanical extracts is proposed as a cultural alternative against phytopathogenic fungi, for which different treatments of ethanolic extracts will be used, to inhibit the mycelial growth of the fungus (*Moniliophthora roreri*), at in vitro level. The study was carried out in the plant pathology laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences belonging to the Technical University of Machala. 1500 ml of potato-destroza-agar (PDA) culture medium was prepared, of which we used 820 ml for our experiment. For the selection of plant material, an

analysis of scientific articles was carried out where they used botanical extracts of plant origin that showed favorable results in their studies for the control of phytopathogenic fungi and their inhibition of radial growth at the in vitro level. The selected plants were: Garlic (*Allium sativum*) - Chamomile (*Chamaemelum nobile*). The dosage was carried out as follows, in 10 glass containers with established measures of 70-80-90 ml pda, 10-20-30 ml of the garlic extract, chamomile and the combined extract were placed according to the treatments and a bottle of 100 ml of pda as a control to show the significant difference in relation to the control, once finished, the plating and sowing of the inoculum is carried out. Under controlled laboratory conditions, the treatments that showed the greatest inhibitory effect T6 (aqueous extract of garlic at 30%), T5 (aqueous extract of garlic at 20%) and T9 (aqueous extract of garlic-chamomile at 30%) are statistically equal. and superior to the rest of the treatments.

**Keywords:** moniliasis, treatments, extracts, theobroma cacao

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	10
2	REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
2.1	Origen.....	13
2.2	Taxonomía.....	13
2.3	Morfología.....	14
2.3.1	Raíz .....	14
2.3.2	Tallo .....	14
2.3.3	Hojas .....	14
2.3.4	Flores.....	14
2.3.5	Fruto .....	15
2.3.6	Semilla.....	15
2.4	Usos e importancia.....	15
2.5	Valor nutricional .....	16
2.6	Producción.....	16
2.6.1	Producción mundial .....	16
2.6.2	Producción nacional.....	17
2.7	Requerimientos edafoclimáticos.....	17
2.7.1	Latitud y altitud.....	17
2.7.2	Suelo.....	17
2.7.3	Clima.....	18
2.8	Tipos de cacao .....	19
2.8.1	Cacao criollo.....	19
2.8.2	Cacao forastero .....	20
2.8.3	Cacao trinitario .....	20

2.9	Plagas y enfermedades en el cultivo de cacao .....	20
2.9.1	Insectos plaga .....	20
2.9.2	Enfermedades .....	22
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1	Ubicación del área experimental.....	27
3.2	Materiales y equipos .....	27
3.3	Metodología.....	28
3.3.1.	Aislamiento y purificación del hongo <i>M. royeri</i> .....	28
3.3.2.	Preparación de medio de cultivo PDA .....	28
3.3.3.	Preparación de extractos acuosos .....	29
3.3.4.	Esterilización de extractos.....	29
3.3.5	Dosificación.....	29
3.3.6	Siembra del hongo .....	30
3.4.	Tratamientos de extractos.....	30
3.5.	Variable de estudio .....	31
3.6.	Procedimiento estadístico.....	31
3.6.1.	Diseño completamente al azar (DCA).....	31
3.6.2.	Prueba de Kruskal-Wallis .....	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
5.	CONCLUSIONES .....	34
6.	RECOMENDACIONES .....	35
7.	REFERENCIAS.....	36
8.	ANEXOS.....	41

## ÍNDICE DE CUAROS

Cuadro 1. Prueba de Kruskal Wallis .....	32
Cuadro 2. Prueba de Comparación de medianas .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamiento de extractos aplicados en control micelial del hongo <i>Moniliophthora roreri</i> . .....	30
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción de producción de cacao en grano seco por región 2020.....	16
Figura 2. Proporción de producción de cacao en grano seco en Ecuador (2000 - 2020).....	17

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación de medio de cultivo y llenado de botellas. ....	41
Anexo 2. Aislamiento y purificación del hongo <i>M. roreri</i> . ....	42
Anexos 3. Triturado y macerado de extractos botánicos de Manzanilla ( <i>Chamaemelum nobile</i> ) y Ajo ( <i>Allium sativum</i> ).....	42
Anexos 4. Plaqueo, extracción y aplicación en dosis de 10, 20 y 30 ml de extracto etanólico botánico de ajo, manzanilla y combinados, para cada tratamiento.....	43
Anexo 5. Crecimiento micelial a los 4 días en los diferentes tratamientos.....	44
Anexo 6. Crecimiento micelial a los 9 días en los diferentes tratamientos.....	44
Anexo 7. Crecimiento micelial a los 18 días (final), en los diferentes tratamientos .....	45

## 1 INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol herbáceo que pertenece al género theobroma. Los mayas cultivaban el cacao y la pepa era utilizada como moneda, su consumo era reservado solo para los considerados de la alta sociedad, preparaban una bebida llamada “xocoatl” de donde se presume que tomo el nombre de chocolate (León, Calderón, & Mayorga, 2016).

A nivel mundial la producción de cacao anualmente es de 4.3 millones de toneladas de grano de cacao de los cuales están distribuidas 74.9% concentrado en África Occidental 12.1% en el sureste asiático y 13% en América latina, el país que produce el 35% de la producción mundial es Costa de Marfil (Solís , Zamarripa, Pecina, Garrido , & Hernández, 2015).

Los principales productores de cacao en América Latina son Brasil, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, y Trinidad & Tobago, en el ecuador el sector cacaotero creció en un 10% y las exportaciones alcanzaron 260 mil toneladas métricas (87% grano y 13% productos derivados). Los principales destinos de cacao ecuatoriano son América (54%), Europa (29%) y Asia (17%); a nivel mundial Ecuador es líder en producción del cacao de origen “Arriba” con el 61% del mercado mundial ( Moreno, Molina, Miranda, Moreno, & Moreno, 2020).

En el Ecuador la producción de cacao se localiza en 23 de las 24 provincias, Esmeraldas, Manabí, Pichincha y Cotopaxi ocupan 80.000 ha sembradas en la zona norte, en la zona central que comprende la parte norte de la cuenca del Río Guayas y la provincia de Los Ríos, en la zona sur corresponde unas 80.000 ha establecidas en la provincia El Oro y el sur de la provincia de Guayas; en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay existen unas 13.000ha (Sánchez , Jaramillo , & Ramírez , 2015).

Las principales enfermedades en América latica que atacan a las plantaciones de cacao son: la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*, en el Ecuador la escoba de bruja afecto un 60 a 70% de la producción, y la moniliasis provoco perdidas hasta de un 80% en plantaciones cacaoteras (Sanchez , y otros, 2015).

La moniliasis del cacao es una enfermedad causada por el hongo (*Moniliophthora roreri*), esta enfermedad se originó en el noreste de Colombia y en el Ecuador fue detectada por primera vez en el año 1917 ( Torres , Ortiz, Téliz, Mora, & Nava, 2013). Su sintomatología comienza con la invasión del patógeno intracelularmente llegando hasta las células del parénquima cortical, este es

el periodo de incubación más largo de la enfermedad (Correa , Castro, & Coy, 2014). Las esporas del hongo atacan a los frutos dependiendo de la edad y condiciones ambientales provocando deformaciones, manchas color marrón cubiertas con un micelio blanco, marchitez y necrosis del fruto completamente (Lozada, Herrera, Perea, Stashenko, & Escobar, 2012).

Los principales controles para moniliasis que se ponen en práctica son el control cultural, químico y biológico, el manejo integrado asociado de los factores climáticos ha demostrado la reducción de la enfermedad en un 40%, otra de las alternativas es el uso de hongos antagonistas como el *Bacillus subtilis* para controlar los fitopatógenos en cultivos de importancia económica, además en el control químico se sugiere utilizar Clorotalonil, un fungicida no sistémico de amplio espectro. La aplicación de estos controles en conjunto ayuda a disminuir la diseminación de la moniliasis en plantaciones cacaoteras (Anzules , Borjas, Alvarado, Castro, & Julca, 2019).

Los extractos vegetales son una alternativa de agricultura orgánica, debido a su efectividad para el control de plagas, enfermedades y arvenses. La característica principal de los extractos botánicos es la presencia de metabolitos secundarios los cuales forman estrategias defensivas de las plantas agrupándose en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenos. El uso de extractos botánicos tiene un bajo costo y no son contaminantes para el medio ambiente, se considera que existe alrededor de 3.000 compuestos naturales de origen vegetal que han demostrado actividad fungicida, bactericida, insecticida repelente y nematocida. (Celis, Mendoza, & Pachón, 2009).

La manzanilla es una planta herbácea medicinal, pertenece a la familia Asteraceae, es originaria de Europa y Asia occidental ( Moreira, Armijos , Cabrera , & Cueva , 2019). La manzanilla contiene sus principios activos en la flor, como ácido etéreo, ácido isobutírico, ácido metilcrotónico, azuleno, antosterol y antosterina (Chalacamá , 2016). Varios autores han señalado que el extracto de ajo contiene un efecto inhibitor en hongos como: *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* spp y *Curvularia* spp en diferentes concentraciones del extracto (Alcalá de Marcano, Vargas, & Pire, 2005)

En base a la problemática que viven los pequeños y grandes productores de cacao al no tener un control y manejo eficiente para moniliasis, se plantea el uso de extractos botánicos como una alternativa cultural contra hongos fitopatógenos, por lo que se empleara diferentes tratamientos de extractos etanólico para inhibir el crecimiento micelial del hongo (*Moniliophthora roreri*), a nivel in vitro.



### **Objetivo general**

- Determinar el mejor extracto acuoso que inhiba el crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro.

### **Objetivo específico**

- Evaluar el crecimiento micelial *Moniliophthora roreri*, en los diferentes tratamientos y concentraciones través del tiempo.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

De acuerdo con (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (2010) citado por León et al. (2016) indica que Theobroma es como se le llama científicamente al cacao, la cual es una palabra de origen griego que significa “comida de dioses”, este fruto tiene su origen en américa. Algunas recopilaciones a lo largo de la historia señalan que los mayas cultivaban, y que la semilla era utilizada como dinero. Los aztecas continuaron con este cultivo y le otorgaron poderes divinos, además su consumo era exclusivo para quienes pertenecían a la clase social alta.

Según Londoño et al. (2011) citado por Pabón et al. (2016) menciona que los productos a base de cacao son los más apetecibles y tradicionales especialmente las bebidas. Siendo esta especia la más cultivada para fines comerciales.

### 2.2 Taxonomía

Larrea (2015) señala que el cacao botánicamente es clasificado de la siguiente manera:

<b>División</b> Espermatofita
<b>Clase</b> Angiosperma
<b>Sub-clase</b> Dicotiledónea
<b>Orden</b> Malvales
<b>Sub-orden</b> Malvinas
<b>Familia</b> Sterculiáceas
<b>Tribu</b> Bitneria
<b>Género</b> Theobroma
<b>Especie</b> Cacao

## **2.3 Morfología**

### **2.3.1 Raíz**

El arbusto de cacao posee raíz principal muy alargada que se puede extender a profundidades de más de un metro, su función principal es la de sostener y darle soporte a la planta. Además, posee bastantes raíces secundarias, las cuales se distribuyen alrededor de la raíz principal a poca profundidad, estas raíces son las encargadas de capturar el agua y nutrientes presentes en el suelo (Navarro & Mendoza, 2006).

### **2.3.2 Tallo**

Las ramas en la planta de cacao como en otras especies del mismo género, son dimórficas. Algunas crecen hacia arriba de forma vertical, es decir tienen un crecimiento ortotrópico, pueden ser los tallos o los chupones. Otras ramas crecen de manera oblicua hacia el exterior, a estas se las denomina como ramas plagiotrópicas (Crouch & Cabrera, 1976).

### **2.3.3 Hojas**

Las hojas de cacao presentan una forma alargada, de tamaño mediano y con un color verde intenso, en algunos casos presentan otros colores debido a su edad, por ejemplo, las hojas tiernas pueden ser de color verde pálido, café claro o también de color rojizo, dependiendo de la variedad. Este tipo de hojas están unidas a las ramas por el pecíolo en el cual se encuentra las yemas que es utilizada comúnmente para realizar injertos (Navarro & Mendoza, 2006).

### **2.3.4 Flores**

Estas son llamadas cojines florales que crecen en pequeños grupos y surgen en las ramas y tronco, estas flores se caracterizan por nacer siempre en el mismo sitio por tal motivo se deben cuidar estas áreas consiguiendo una buena producción durante los años posteriores, son polinizadas por algunos insectos (Navarro & Mendoza, 2006).

### **2.3.5 Fruto**

Este fruto difiere en su color, tamaño y forma, dependiendo de las variedades, normalmente son de aproximadamente 12 pulgas a lo largo con 4 pulgas de grosor, poseen entre 20 a 40 semillas, su pulpa o mucilago puede ser de color blanco café o rosado, posee un agradable aroma entre dulce y ácido (Medoza et al., 2012).

### **2.3.6 Semilla**

Las pepas o semillas se encuentran dentro del fruto, las semillas están compuestas por dos cotiledones que son de color café, blanco o morado. Se encuentran ubicadas en hileras dentro de la mazorca (Navarro & Mendoza, 2006).

## **2.4 Usos e importancia**

De acuerdo con la FAO (2018) citado por Sánchez et al. (2019), señala que la semilla de cacao es comercializada al exterior como materia prima en la elaboración de producto a base de la almendra de cacao como por ejemplo los chocolates. Ecuador es el principal exportador de almendra seca de cacao en la región, siguiéndole otros países como Perú, Republica Dominicana y Colombia. Por otro lado, Brasil es el principal exportador de caco en producto ya procesado (manteca, pasta, polvo y torta de cacao) le sigue Ecuador, Colombia y Perú.

Borja et al., (2021), indica que las exportaciones de la semilla de cacao en los últimos años se han destacado por ser una gran fuente de ingresos de divisas, genera empleo además es de gran ayuda a la balanza comercial.

Cultivar cacao se considera una actividad muy importante en los países que lo exportan ya que los representa de manera económica, cultural y social dentro de la agricultura familiar. El cultivar cacao influye en dinámica de territorio creando tejidos sociales, cadenas de valor, ordenamiento territorial, etc. Lo cual indica que la cacaocultura predomina como base en

desarrollo de zonas rurales creando pilares esenciales de impulso en el desarrollo empresarial (Sánchez et al., 2019).

## 2.5 Valor nutricional

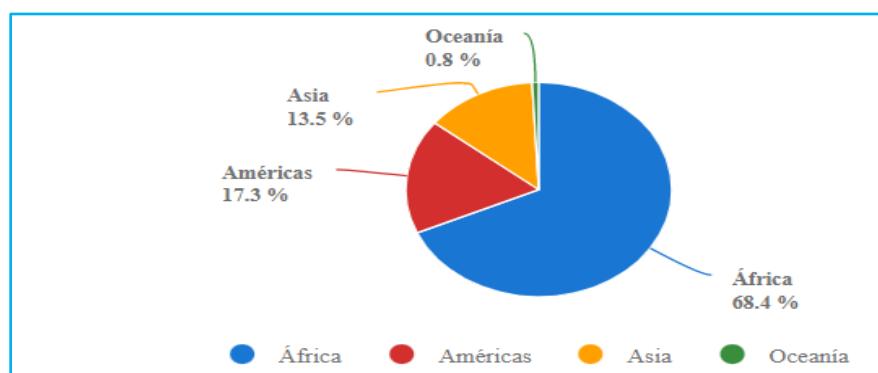
Según Portillo et al. (2009) citado por Mora-encalada et al. (2021), indica que la semilla o almendra de cacao se encuentra condicionada a ciertos factores en la determinación de su valor nutricional, ya que su calidad sensorial y nutricional dependen de procesos físicos-químicos que nacen en la misma almendra en los procesos de postcosecha.

## 2.6 Producción

### 2.6.1 Producción mundial

De acuerdo con la FAO (2020) el cacao tuvo un mayor porcentaje en África con un 68.4% siguiéndole América con un 17.3%, Asia con un 13.5% y por último Oceanía con un 0.8% siendo el más bajo. En el 2020 a nivel mundial el área cosechada de cacao fue de 12'315,836 hectáreas con una producción de 5'756,953 toneladas.

**Figura 1. Proporción de producción de cacao en grano seco por región 2020.**

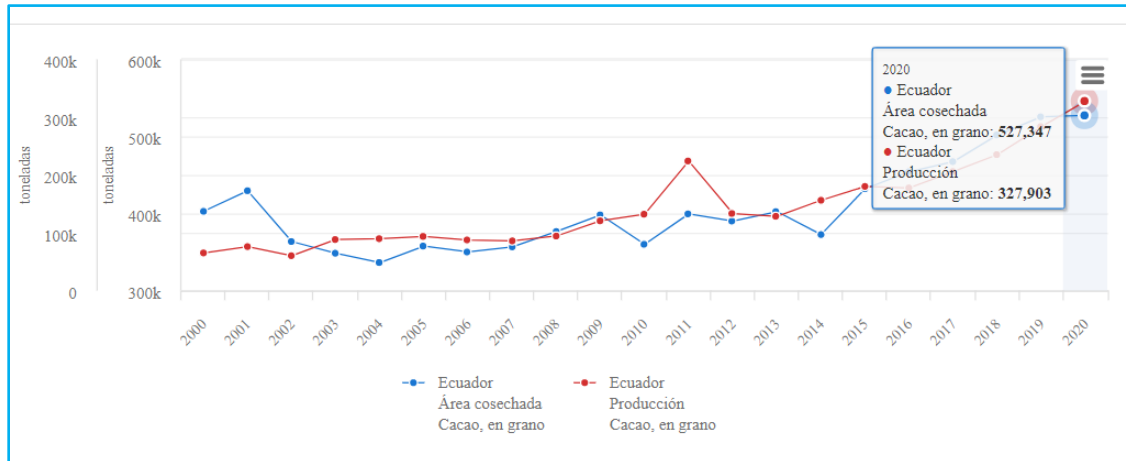


**Fuente:** FAOSTAT (2020)

## 2.6.2 Producción nacional

En Ecuador la producción de cacao en el 2020 fue de 327,906 toneladas en un área cosechada de 527,347 hectáreas obteniendo un rendimiento de 0.621 toneladas por hectáreas (FAO, 2020).

**Figura 2. Proporción de producción de cacao en grano seco en Ecuador (2000 - 2020)**



**Fuente:** FAOSTAT (2020)

## 2.7 Requerimientos edafoclimáticos

### 2.7.1 Latitud y altitud

Indica que comúnmente las plantaciones de cacao se realizaban en altitudes bajas menores a 400 metros sobre el nivel del mar; a pesar de eso en algunas zonas próximas a Ecuador muchas plantaciones se las ubica a más de 1000 m.s.n.m. (Mora-encalada et al., 2021).

### 2.7.2 Suelo

La planta de cacao requiere condiciones edáficas adecuadas para su desarrollo, este cultivo prefiere suelos con abundante materia orgánica, suelos franco arcillosos, profundos y con buen drenaje; sin embargo, el cacao se adapta a diferentes tipos de suelos ya sean arcillas pesadas y erosionadas incluso arenas volcánicas y suelos limosos con un pH de 4 a 7 (Estrada et al., 2011).

Según Singh et al. (2014) citado por (Zavala et al., 2018) menciona que es importante mantener un sistema agroforestal ya que brinda algunos beneficios como aportar al suelo de asociaciones microbianas que se vinculan directamente con las plantas.

### **2.7.3 Clima**

#### **2.7.3.1 Temperatura**

Para la producción de cacao es indispensable tener una adecuada temperatura la cual puede variar entre los 22 a 26 °C, con precipitaciones anuales entre 1800 y 2200 mm esto permitirá tener un óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao (Zavala et al., 2018).

#### **2.7.3.2 Humedad relativa del aire**

La humedad relativa óptima para el buen desarrollo del cacao se da en un ambiente húmedo con una HR alta de 70 a 80 (La Rosa & Castañeda, 2016).

#### **2.7.3.3 Luminosidad**

La Rosa & Castañeda (2016) indican que es importante que la planta de cacao cuente con una buena iluminación ya que es un factor clave en el desarrollo del cacao principalmente en la realización de la fotosíntesis, la cual se da en intensidad baja incluso cuando está con buena exposición solar, de acuerdo con el ICT (2004) menciona que intensidades levemente mayores al 50% son óptimas para cultivar cacao.

#### **2.7.3.4 Vientos**

Enríquez (1986) citado por La Rosa & Castañeda (2016) Indica que vientos demasiado fuertes y prolongados ocasiona la caída de prematura de las hojas además señala que vientos de 1m/seg no son dañinos para el cultivo, pero con vientos de más de 4m/seg se ocasionarían fuertes daños en la plantación.

## **2.8 Tipos de cacao**

Existen tres tipos de cacao los cuales tienen un origen y características diferentes, el cacao de tipo forastero proviene de la cuenca del Amazonas, el cacao de tipo criollo se extiende sus poblaciones desde centro América extendiéndose al norte de Colombia y Venezuela, y el cacao de tipo trinitario surgió del cruzamiento del cacao criollo y forastero por lo cual es considerado híbrido (Avendaño et al., 2018).

Parco et al. (2021) señala que para determinar parámetros que permitan identificar los cultivares y compararlos con otros presentes en otras zonas es necesario una caracterización tanto de las semillas como la morfología del fruto.

De acuerdo con Quiroz et al. (2005) citado por Ventura & González (2013) el tipo de cacao las características de su semilla difieren; el cacao de tipo criollo presenta una almendra de color blanco y rosado pálido con una forma redondeada u ovalada, las almendras de cacao trinitario y criollo se caracterizan en el mercado por ser de cacao fino y de aroma y son utilizadas con los de tipo ordinario como el cacao de tipo forastero mezclándolas para obtener determinados sabores en los productos elaborados.

### **2.8.1 Cacao criollo**

Durán & Dubón (2016) mencionan que este cacao se caracteriza por ser de mejor calidad se lo considera así por su fineza ya que posee un aroma y sabor muy apetecible, idóneo para la preparación de chocolates. Entre sus características destacan las siguientes:

- Su mazorca es puntiaguda y alargada, con superficie algo rugosa.
- Presenta colores verdes y rojos previo a su maduración.
- Sus cotiledones son de color blanco cremoso.
- Su sabor no es astringente por el bajo contenido de taninos.



- Su mucilago es bastante dulce y brinda un agradable aroma

### **2.8.2 Cacao forastero**

Durán & Dubón (2016) indican que este tipo de cacao no es tan apetecible por su calidad en la elaboración de chocolates, su fruto presenta las siguientes características:

- El fruto presenta una superficie lisa con forma ovalada.
- Color verdoso a blanquecino previo a su madurez.
- Sus cotiledones son de color morado oscuro.
- Se caracteriza por ser de sabor amargo por altos niveles de taninos.
- Su mucilago es ácido y poco aroma en la fermentación.

### **2.8.3 Cacao trinitario**

El trinitario se puede decir que es la combinación o cruzamiento de los dos cacaos criollo y forastero, es decir que estos frutos presentan características intermedias entre criollo y forastero. El cacao trinitario posee el sabor fino presente en el cacao trinitario y además hereda la robustez que presenta el cacao forastero (Durán & Dubón, 2016).

## **2.9 Plagas y enfermedades en el cultivo de cacao**

### **2.9.1 Insectos plaga**

**Cochinillas** (*Pseudococcus citri*, *Planococcus spp*). Atacan a los tallos, brotes, cojinetes florales e incluso a los frutos, este insecto provoca el marchitamiento y una maduración temprana, comúnmente viven en simbiosis con las hormigas (Anchundia & Mera, 2015).

**Mosquilla del cacao** (*Monalonium dissimulaton*). Esta plaga ocasiona daños en cualquier etapa de desarrollo de la mazorca, es un insecto chupador que cuando sus ataques son severos en frutos pequeños ocasiona la muerte provocando pérdidas para el productor (Anchundia & Mera, 2015).

**Polilla de tronco (*Xyleborus spp*).** Este insecto es un barrenador que se introduce en el tallo principal del cacao y forma galerías en su interior y además que es un vector del hongo que provoca la enfermedad mal de machete (Anchundia & Mera, 2015).

**Chinches del cacao (*Monalonium spp*).** Atacan a la epidermis del fruto ya que estos son insectos chupadores, ocasionan daños pericialmente en las zonas que tienen poca luminosidad es decir poca exposición al sol, si estos insectos atacan a frutos jóvenes provocan la caída (Anchundia & Mera, 2015).

**Pulgones (*Aphis gossypii*).** Son succionadores, se alimentan de la savia de hojas tiernas, suelen estar en ramas, frutos, chupones y flores, además son vectores de algunas enfermedades virales (Anchundia & Mera, 2015).

**Hormigas arrieras (*Atta cephalothes*).** Se alimentan de las hojas de cacao dejando solamente las nervaduras y además ocasionan daños en los cojinetes florales, es tos insectos son cortadores (Anchundia & Mera, 2015).

**Cerambycidae** Este insecto plaga causa daños tanto en estado larval como en estado adulto ya que ataca gravemente a las partes aéreas de la planta como el tallo y ramas, este insecto se alimenta desde que emerge consumiendo el cambium vascular y de las cortezas creando galerías que ocasionan la muerte de la planta, los daños se dan según la edad de las plantas (Morillo et al., 2008).

## **2.9.2 Enfermedades**

Las principales enfermedades presentes en el cultivo de cacao son:

### **2.9.2.1 Phytophthora palmivora**

Según Anzules et al. (2018) citado por Toala et al. (2019) menciona que en el Ecuador las principales plagas que ocasionan daños graves al cultivo de cacao son la pudrición de mazorca o también llamada mazorca negra provocada por el hongo *Phytophthora palmivora*

De acuerdo con Rodríguez Polanco et al. (2021) señala que los síntomas son visibles a los 2 a 4 días después de la inoculación y que desde el sexto a octavo día después de la inoculación los niveles de infección se mantienen constantes.

Toala et al. (2019) señala que las pérdidas estimadas por esta enfermedad son de 30%, sin embargo, otros estudios demuestran una incidencia de 60% en plantaciones con un manejo agronómico bajo.

### **2.9.2.2 Crinipellis perniciosa**

Según Parra et al. (2008) citado por Hernández Villegas. (2016) indica que el hongo que causa la escoba de bruja afecta los brotes nuevos, las flores y los frutos, presentando diferentes síntomas. En el tronco y las ramas se desarrollan unas estructuras llamadas escobas vegetativas, que dan nombre a la enfermedad. Al final, brotes axilares y laterales, tallos largos y abultados con pecíolos largos y flácidos. Después de algunas semanas, comienzan a marchitarse hasta morir por completo, después de lo cual se les llama escobas secas y se adhieren al tronco o las ramas durante mucho tiempo.

Auhing et al. (2021) indica que se debe tomar en cuenta la distribución geográfica del cultivo T. cacao ya que este factor influye en los aspectos fisiológicos del hongo y su adaptación a diversos climas modifica la estructura del hongo.

El hongo causante de la escoba de bruja afecta los brotes nuevos, cojines florales, y frutos, presentando síntomas diversos. En el tallo y ramas se desarrollan las estructuras llamadas escobas vegetativas las cuales dan el nombre a la enfermedad, en las yemas terminales, axilares y laterales se producen talluelos alargados e hinchados con hojas de peciolo largos y flácidas. Al cabo de varias semanas comienzan a marchitarse hasta que mueren por completo, denominándose entonces escobas secas y quedando adheridas al tallo o ramas por largo tiempo (Hernández Villegas, 2016).

### **2.9.2.3 Ceratocystis fimbriata**

Gardella & Enríquez (2006) mencionan que la enfermedad denominada como mal de machete, provocada por el hongo llamado *Ceratocystis fimbriata*, ocasiona un sin número de pérdidas en cultivos de cacao en cual se encuentra un material genético homogéneo. Dicha enfermedad ha causado varios estragos en el hemisferio Occidental. Para mitigar este problema se han realizado evaluaciones de genotipos para detectar arboles de cacao que presenten resistencia a esta enfermedad. En estos estudios se ha logrado obtener una buena identificación de clones o árboles resistentes obteniendo buenos resultados comprobando su resistencia en campo a esta enfermedad, sin embargo, también se ha fallado en la determinación de clones resistentes.

### **2.9.2.4 Moniliophthora roreri**

El hongo *Moniliophthora roreri* es el agente causal de la enfermedad conocida como moniliasis, la cual es tan peligrosa que puede dejar pérdidas que varían entre el 40 y 100%, siendo reconocida como un factor que limita la producción de cacao para los productores (Enrique et al., 2012).

En las cacaoteras el hongo ataca exclusivamente al fruto, la infección de este patógeno en el fruto puede darse en cualquier etapa de desarrollo del mismo, sin embargo, son más susceptibles en la fase inicial. Se la puede identificar observando que externamente se presentan síntomas como

la presencia de pequeñas manchas aceitosas en forma circular de color marrón y amarillo (Enrique et al., 2012).

### **2.9.2.5 Control de la *Moniliophthora roreri* en cacao**

#### **2.9.2.5.1 Control biológico**

El hongo *Moniliophthora roreri* causa pérdidas de hasta un 60 % en las cosechas de cacao, por ello se ha optado por el control biológico recurriendo a microorganismos endófitos para mitigar los efectos provocados por esta enfermedad y disminuir su incidencia (Contreras & Riaño, 2013).

La manera por la que actúan de forma antagónica los microorganismos benéficos ante los fitopatógenos es mediante la competencia en la absorción de nutriente, minerales y además compiten por el espacio como es el caso de la bacteria *Bacillus* sp. (Villamil Carvajal et al., 2015).

De acuerdo con Villamil Carvajal et al. (2015) indica que el hongo *Trichoderma* sp. es potencialmente eficaz para combatir y controlar al hongo de la *Moniliophthora roreri* presente en cacao bajo condiciones externas lo cual demuestra que si es posible aplicar técnicas biológicas para este patógeno.

Villamil et al. (2015) citado por Villamil C. et al. (2016) recomienda que para obtener mayores resultado en el control de esta enfermedad se debe considerar la integración de otras prácticas que ayuden a prevenir la multiplicación de la enfermedad.

#### **2.9.2.5.2 Control cultural**

Este tipo de control consiste en prevenir el ingreso de patógeno en las zonas productivas y en caso que se presente evitar que se den las condiciones adecuadas para diseminación, para ello se debe realizar algunas labores culturales como la poda fitosanitaria, también impedir el crecimiento excesivo de la planta ya esto reduce la actividad fotosintética debido al ambiente

demasiado sombrío, creando un microclima propicio para esta enfermedad (Sánchez Mora & Garcés Fiallos, 2012).

Gómez et al. (2015) mencionan que el control cultural también consiste en la eliminación de mazorcas enfermas acompañado de la poda y el manejo de la sombra. El 68.8% de productores de cacao efectúan las labores culturales con recursos propios mientras que el 31.2% han sido financiados por el estado. Krauss (2003) señala que el corte de frutos con el hongo en una actividad tradicional para controlar la moniliasis, pero que debe ser frecuente debido al ciclo de esta enfermedad.

#### **2.9.2.5.3 Control químico**

Se conoce varios métodos de manejo químico y orgánico para atacar a la Monilia, a pesar de eso en las distintas cacaoteras se han establecido métodos de control químico que protegen la plantación, pero incrementan los costos de producción (González López et al., 2018).

Hoy en día en el mercado ecuatoriano se conocen algunos fungicidas protectantes compuestos a base de distintas sales de cobre los cuales son una buena alternativa ya que representan un bajo costo y el impacto ambiental es mínimo (Torres de la Cruz et al., 2019).

En América Latina se han obtenido resultados prometedores para el control de la Monilia utilizando fungicidas a base de cobre (hidróxido de cobre, óxido cuproso) y también con el fungicida de acción sistémica flutolanil (Torres de la Cruz et al., 2019).

#### **2.9.2.5.4 Control etológico**

Este método consiste en la utilización de extractos de plantas para el control de *Moniliophthora roreri*. Los extractos vegetales tienen la particularidad de presentar ciertos metabolitos secundarios los que permiten desarrollar sistemas defensivos en la planta, el aspecto

favorable de estos extractos es que su obtención es fácil y es una gran opción para el control de la moniliasis en cacao reduciendo costos para el productor (Arcos Méndez et al., 2019).

Fernández et al. (2021) indica que el extracto acuoso de *Matricaria chamomilla* en condiciones de laboratorio a ciertas dosis provoca reacciones genotóxicas y citotóxicas hacia las células de los meristemas de *Allium cepa*.

Las propiedades antifúngicas del ajo es de gran interés desde hace más de 100 años, se han observado en diferentes estudios que el extracto acuoso del ajo impide el desarrollo de algunas especies de hongos. Hoy en día se han desarrollado más de 100 productos activos biológicamente a base de *Allium sativum* extraídos del bulbo (Juárez-Segovia et al., 2019).

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del área experimental**

El estudio se realizó en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la Av. Panamericana, 5,5 km vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio en el cantón Machala, provincia de El Oro.

#### **3.2 Materiales y equipos**

##### **Equipos de laboratorio**

- ✓ Estufa
- ✓ Cámara de flujo
- ✓ Microondas
- ✓ Mechero de bunsen
- ✓ Auto clave
- ✓ Licuadora
- ✓ Balanza

##### **Materiales de laboratorio**

- ✓ Algodón
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Probeta
- ✓ Botellas de vidrio
- ✓ Cajas Petri
- ✓ Mechero de alcohol
- ✓ PDA (Papa-Destroza-Agar)



- ✓ Cinta plástica
- ✓ Cloranfenicol
- ✓ Alcohol
- ✓ Pinzas
- ✓ Agua destilada

#### **Material Vegetal**

- ✓ Ajo (*Allium sativum*)
- Manzanilla (*Chamaemelum nobile*)

### **3.3 Metodología**

#### **3.3.1. Aislamiento y purificación del hongo *M. roreri***

El aislamiento y purificación del hongo se realizó en el jardín clonal de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), de donde se extrajo mazorcas de variedad CCN-51 que presentaban sintomatología de la enfermedad moniliasis ocasionada por el hongo *M. roreri*, se retiró las mazorcas del árbol y fueron colocadas en una funda plástica para evitar la diseminación de las esporas dentro de la plantación, se procedió a llevarlas al laboratorio para la extracción de las respectivas muestras y sembrar el micelio del hongo en cajas Petri con pda ,aislada durante 14 días para evaluar su crecimiento micelial y proceder a la purificación por el mismo tiempo a temperatura ambiente (25°C), finalmente se escoge las mejores muestras con mayor crecimiento radial del hongo para utilizar en el experimento.

#### **3.3.2. Preparación de medio de cultivo PDA**

Se preparó 1500 ml de medio de cultivo papa-destroza-agar (PDA), del cual utilizamos 820 ml para nuestro experimento , el sobrante lo almacenamos en botellas de vidrio en la nevera, para la elaboración del medio de cultivo se pesa 20gr de PDA por cada 500 ml de agua purificada, se

coloca en el microondas durante 3 minutos hasta observar una pequeña ebullición y una apariencia traslúcida, se coloca 60mg cloranfenicol se remueve y se afora con agua caliente hasta 500ml en un vaso de precipitación, finalmente se distribuye el PDA con una probeta en botellas de vidrio con una tapa de papel aluminio y sellado con cinta alrededor, las medidas usadas son 70-80-90 ml de medio de cultivo, se procede a llevar al esterilizador(autoclave) donde se purificara y estará listo para realizar la inoculación del hongo y sus diferentes extractos.

### **3.3.3. Preparación de extractos acuosos**

Para la selección del material vegetal se realizó un análisis de artículos científicos donde usaban extractos botánicos de origen vegetal que evidenciaban resultados favorables en sus estudios para el control de hongos fitopatógenos y su inhibición del crecimiento radial a nivel in vitro. Las plantas seleccionadas fueron: Ajo (*Allium sativum*) - Manzanilla (*Chamaemelum nobile*) La metodología para la extracción de extractos fue basada en la investigación de Boiteux, Vanda, Fernández, Lucero , & Pizzuolo(2015), modificamos el procedimiento en función de los tratamientos y la combinación de extractos a emplear.

### **3.3.4. Esterilización de extractos**

Se utilizó tres matraces *de* Erlenmeyer donde se colocó el material fresco, se pesó y en cada recipiente se depositó 60gr de manzanilla/180ml de agua destilada,60gr de ajo/300 ml agua destilada y una combinación de 30gr de ajo-30 gr de manzanilla/300 agua destilada, la relación peso/volumen fue de 1:3. Una vez preparado los extractos se los lleva a la autoclave durante 45 min, y se observa la cantidad de extracto obtenido.

### **3.3.5 Dosificación**

La dosificación se realizó de la siguiente manera, en 10 recipientes de vidrio con medidas establecidas de 70-80-90 ml pda, se colocó 10-20-30 ml del extracto ajo, manzanilla y el

combinado de acuerdo a los tratamientos y una botella de 100 ml de pda como testigo para evidenciar la diferencia significativa en relación al testigo, una vez terminado se procede al plaqueo y siembra del inóculo.

### 3.3.6 Siembra del hongo

Para la siembra, se utilizó el hongo *M. roreri* previamente aislado y las botellas con extracto y PDA, se procede a realizar el plaqueo del extracto en cajas Petri, donde se hacen 4 repeticiones por tratamientos, una vez terminado el plaqueo esperamos a que se solidifiquen y se procede a la siembra del hongo con la ayuda de un saca bocado, extraemos un micelio del hongo *M. roreri* y lo colocamos en la caja Petri solidificada con extracto se tapa, se sella y se marca con la nomenclatura que identifique el tratamiento correspondiente. Los datos se toman durante tres semanas, para evaluar el crecimiento, se divide las cajas Petri en cuatro cuadrantes A-B-C-D y se va evaluando dos veces por semana el crecimiento o inhibición del hongo de forma radial.

### 3.4. Tratamientos de extractos

**Tabla 1.** Tratamiento de extractos aplicados en control micelial del hongo *Moniliophthora roreri*.

<i>Tratamientos</i>	<i>Concentraciones (%/ml)</i>	<i>Extractos</i>	<i>Dosificación(ml) (PDA+EXTRACTO)</i>
<i>T1</i>	10	Pda+manzanilla	90 + 10
<i>T2</i>	20	Pda+manzanilla	80 + 20
<i>T3</i>	30	Pda+manzanilla	70 + 30
<i>T4</i>	10	Pda+ajo	90 + 10
<i>T5</i>	20	Pda+ajo	80 + 20
<i>T6</i>	30	Pda+ajo	70 + 30
<i>T7</i>	10	Pda+ajo/manzanilla	90 + 10
<i>T8</i>	20	Pda+ajo/manzanilla	80 + 20
<i>T9</i>	30	Pda+ajo/manzanilla	70 + 30
<i>T10</i>	100	Testigo (PDA)	100

### 3.5. Variable de estudio

La variable de estudio a evaluar fue el crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro, en base a la aplicación de diferentes dosis de extractos acuosos.

### 3.6. Procedimiento estadístico

#### 3.6.1. Diseño completamente al azar (DCA)

El diseño completamente al azar (DCA), es el más simple de todos los diseños estadísticos, donde solo se estudia el efecto de un factor el cual varía en diferentes tratamientos. Es muy útil en unidades experimentales homogéneas (UE), promoviendo el máximo número de grados libertad del error, flexibilidad número de tratamientos y replicas.

$$Y_{kn} = \mu + T_k + \epsilon_{kn}$$

- $Y_{kn}$  = variable de respuesta
- $\mu$  = media global T
- $k$  = efecto del tratamiento
- $\epsilon_{kn}$  = error aleatorio

#### 3.6.2. Prueba de Kruskal-Wallis

El test de *Kruskal-Wallis*, también conocido como *test H*, es una alternativa no paramétrica al anova de un factor, para datos no pareados. En el anova se comparan medias y en el test de Kruskal-Wallis contrasta si las muestras están equidistribuidas y que pertenece a una misma población. El uso del test de Kruskal-Wallis es adecuado cuando los datos tienen un orden normal o cuando no se satisfacen las condiciones para poder aplicar un ANOVA.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos en el trabajo de investigación e realizaron las pruebas de normalidad y *homocedasticidad*, Shapiro-Wilks y Levene, para ver si cumple respectivamente dichos supuesto. Se evidencio que los datos obtenidos no tienen una varianza homogénea ni distribución normal, se procedió a realizar un análisis no paramétrico mediante la prueba Kruskal-Wallis.

**Cuadro 1. Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Tratamiento	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CM	T1	1	4	4,02	0,42	4,14	23,99	0,0023
CM	T10	2	4	4,25	0,01	4,25		
CM	T2	3	4	3,88	0,76	4,25		
CM	T3	4	4	4,25	0,01	4,25		
CM	T4	5	4	4,13	0,17	4,19		
CM	T5	6	4	3,30	0,50	3,45		
CM	T6	7	4	0,00	0,00	0,00		
CM	T7	8	4	4,26	0,02	4,25		
CM	T8	9	4	4,18	0,08	4,19		
CM	T9	10	4	3,57	0,27	3,60		

**Cuadro 2. Prueba de Comparación de medianas**

Trat.	Ranks				
T6	2,50	A			
T5	9,50	A	B		
T9	10,50	A	B	C	
T4	23,13		B	C	D
T1	23,63		B	C	D
T8	23,63		B	C	D
T2	25,75			C	D
T3	27,25				D
T10	27,25				D
T7	31,88				D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Como se observa en el cuadro 1, la prueba de Kruskal Wallis, demuestra que al menos un tratamiento es estadísticamente diferente al resto y en el cuadro 2 observamos la comparación de

rangos de medianas, que muestra diferentes agrupaciones y niveles, por lo tanto, letras iguales entre tratamientos no son significativamente diferentes.

En el cuadro 2, en la prueba de comparación de medianas, en los promedios del crecimiento micelial (mm) se observan 6 niveles de agrupamientos entre los tratamientos estudiados, esta prueba nos indica que los tratamientos T6 (extracto acuoso de ajo al 30%), T5(extracto acuoso de ajo al 20%)y T9 (extracto acuoso de ajo-manzanilla al 30%) son estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Estos datos obtenidos son similares a los reportados (Juárez, y otros, 2019), que indican que los extractos acuosos de ajo tiene un efecto antifungico del 95% sobre el hongo *Fusarium oxysporum* causando la inhibición de lípidos, ácidos nucleicos y proteínas.

Le siguen en orden de eficacia los tratamientos T4 (extracto acuoso de ajo al 10%), T1 (extracto acuoso de manzanilla al 10%), T8(extracto acuoso de Ajo-Manzanilla al 20%) y por último el tratamiento T2(extracto acuoso de Manzanilla al 20%) son estadísticamente diferentes al testigo. Según Villacís, y otros(2017) demostraron que el extracto de manzanilla a nivel in vitro presenta una inhibicion micelial contra el hongo *C. acutatum* causante de la enfermedad Antracnosis, debido a sus compuestos fenólicos y alcaloides presentes en sus metabolitos.

Por último, los tratamientos T3(extracto acuoso de manzanilla 30%) y el tratamiento T7(extracto acuoso de ajo-manzanilla al 10%), como se observa en el cuadro comparación de medianas, no presentaron un efecto inhibitorio sobre el crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro, es decir son estadísticamente iguales al T10(testigo absoluto),

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ En condiciones controladas de laboratorio, los tratamientos que presentaron mayor efecto inhibitorio T6 (extracto acuoso de ajo al 30%), T5(extracto acuoso de ajo al 20%) y T9 (extracto acuoso de ajo-manzanilla al 30%) son estadísticamente iguales y superiores al resto de los tratamientos.
- ✓ Le siguen en orden de eficacia los tratamientos T4 (extracto acuoso de ajo al 10%), T1 (extracto acuoso de manzanilla al 10%), T8(extracto acuoso de Ajo-Manzanilla al 20%) y por último el tratamiento T2(extracto acuoso de Manzanilla al 20%) son estadísticamente diferentes al testigo.
- ✓ Se observó que la combinación de extractos acuoso de ajo y manzanilla, disminuye su efecto inhibitorio sobre crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri*.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar estudios en campo, aplicando diferentes dosis y extractos que inhiba el crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri*.
- ✓ Dado los resultados bastante satisfactorios del extracto acuoso de ajo y manzanilla, probar en futuras investigaciones diferentes concentraciones.
- ✓ Realizar más estudios enfocados al uso de extractos botánicos con potencial antifúngico como una alternativa de control en el manejo de enfermedades fitopatógenos, bajo el contexto de una agricultura sustentable que minimice el impacto ambiental.



## 7. REFERENCIAS

- Agrosad. (2014). *Agrosad*. Obtenido de <https://www.agrosad.com.ec/index.php/linea-agricola/semillas-de-hortalizas/semillas-de-hortalizas-1/marca-bonanza-seeds/pimiento-yolo-wonder2012-10-18-21-58-189-detail>
- Alcalá de Marcano, D., Vargas, N., & Pire, A. (2005). Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 315-324.
- Anchundia, K., & Mera, S. (2015). Comportamiento agronómico preliminar de seis clones de cacao tipo nacional (*Theobroma cacao* L.) en el cantón Santa Elena. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 124. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2227/1/UPSE-TIA-2015-010.pdf>
- Anzules, V., Borjas, R., Alvarado, L., Castro, V., & Julca, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, 511-520.
- Arcos Méndez, M. C., Martínez Bolaños, L., Ortiz Gil, G., Martínez Bolaños, M., & Avendaño Arrazate, C. H. (2019). Efecto in vitro de extractos vegetales contra la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agricultura Tropical*, 5(1:19-24), 19–24.
- Auhing, J., Vera, L., Cedeño, V., Macías, J., Saucoso, S., & Canchugnia, H. (2021). *Scientia Agropecuaria* Biodiversity of ecotypes and aggressiveness ranges of *Moniliophthora perniciosa*, in *Theobroma cacao* L. national of the Ecuadorian Coast Biodiversidad de ecotipos y rangos de agresividad de *Moniliophthora perniciosa*, en. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 599–609.
- Avendaño, A. C. H., López-Gómez, P., Iracheta-Donjuan, L., Vazquez-Ovando, A., Bouchan, R., Cortés-Cruz, M., & Borrayo, E. (2018). GENETIC DIVERSITY AND SELECTION OF A CORE COLLECTION FOR LONG TERM CONSERVATION OF COCOA (*Theobroma cacao* L) [DIVERSIDAD GENÉTICA Y SELECCIÓN DE UNA COLECCIÓN NÚCLEO PARA LA CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO DE CACAO (*Theobroma cacao* L)]. *Interciencia*, 43(11), 770.
- Borja, K., Vite, H., Garzón, V., & Carvajal, H. (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana De Ciencias Aplicadas*, 4, 148–155. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/422/442>
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. (2009). USO DE EXTRACTOS VEGETALES EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y ARVENSES. *Temas Agrarios*, 5-16.

- Chalacamá , J. (2016). Efecto del hidrolato de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) en el manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa variedad Superchola Centro Experimental San Francisco” Huaca-Carchi. *Trabajo de titulación previo la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI, TULCÁN - ECUADOR.
- Contreras, L. Y. S., & Riaño, A. L. R. (2013). Aislamiento de microorganismos para control biológico de *moniliophthora roseri*. *Acta Agronomica*, 62(4), 370–378.
- Correa , J., Castro, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roseri* en Colombia. *Acta Agronómica*. 63 , 388-399.
- Crouch, L. B., & Cabrera, M. (1976). *Cultivo cacao*. 54 p. ;,Dat. Num. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13690>
- Cuamacas, R. E. (2013). “Efecto a la aplicación de tres fungicidas para el control de la pudrición blanca (*Sclerotinia cepivorum*) en el cultivo de cebolla burguesa en el sector la Paz provincia del Carchi.”. *tesis de grado (ingeniero agronomo )*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, EL angel - Ecuador.
- De la Fuente de Diez Canseco, L., Muñoz , A., Valdizán , J., Zavaleta, J., Olivera , L., Gómez , J., . . . Cárdenas , M. (2018). *CACAO, TESORO DE LA AMAZONÍA*. LIMA: USIL.
- Durán, E., & Dubón, A. (2016). Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras. *La Lima, Cortés, Honduras, C.A.*, 33.
- Enrique, J., Carvajal, V., Orlando, J., & Valbuena, B. (2012). Evaluación in vitro de Microorganismos Nativos por su Antagonismo contra *Moniliophthora roseri* Cif & Par en Cacao (*Theobroma cacao* L.) In vitro evaluation of Native Microorganisms for their Antagonism against *Moniliophthora roseri* Cif & Parin Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(1), 6305–6315.
- Estrada, W. J., Romero Castellano, X. G., & Moreno Peraza, J. A. (2011). “Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas.” *San Salvador, El Salvador*, 22. [http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/Estrada\\_et\\_al\\_Guia\\_Tecnica\\_Cacao.pdf](http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf)
- FAO. (2020). *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA*. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fernández, S., Llanos, F., & Santa Cruz-López, C. (2021). Cytotoxicity and genotoxicity of the aqueous extract of *Matricaria chamomilla* (chamomile) on meristematic cells of *Allium cepa*. *Manglar*, 18(2), 129–133. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.017>
- Gardella, D., & Enríquez, G. (n.d.). IMPLICACIONES DE LAS PRUEBAS PARA DETECTAR RESISTENCIA DE *CERATOCYTIS FIMBRIANA* EN CACAO. *Investigacion y Enseñanza Turrialba*.

- Gómez, E. H., Campo, I., Rosario, E., & Tapachula-, K. C. (2015). 2007-8080-Rmfi-33-02-00232.
- González López, G. C., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2018). Recibido: mayo, 2018 Aprobado: junio, 2018 Publicado: agosto, 2018 06. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6, 56–62.
- Hernández-Villegas, J. J. (2016). Incidencia de la escoba de Bruja (*Crinipellis pernicioso*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Bioagro*, 28(1), 59–64.
- Juárez-Segovia, K. ., Díaz-Darcía, E. ., Méndez-López, M. ., Pina-Canseco, M. ., Pérez-Santiago, A. ., & Sánchez-Medina, M. . (2019). EFECTO DE EXTRACTOS CRUDOS DE AJO (*Allium sativum*) SOBRE EL DESARROLLO in vitro DE *Aspergillus parasiticus* Y *Aspergillus niger*. *Polibotánica*, 0(46), 99–111. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.8>
- Krauss, U. (2003). *Moniliasis, Manejo integrado de la Cacao, iMoniliopluhora rorerii del 'Ialamanca, iTheobroma cacao) en Rica, Costa* (pp. 37–38). <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6554/A2454e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- La Rosa, R., & Castañeda, S. (2016). Introducción in vitro de *Theobroma cacao* L . mediante cultivo de embriones sexuales. *Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal, May*.
- Larrea, M. (2015). *El Cultivo De Cacao Nacional*. [www.ecociencia.org](http://www.ecociencia.org)
- León, F., Calderón, J., & Mayorga, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 45–25.
- Lozada, B., Herrera, L., Perea, J., Stashenko, E., & Escobar, P. (2012). Efecto in vitro de aceites esenciales de tres especies de *Lippia* sobre *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., agente causante de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 102-110.
- Medoza, A., Gallardo, R., & Avendaño, C. (2012). Mundo\_cacao\_. *AGROPRODUCTIVIDAD*.
- Mora-encalada, C., Quevedo-guerrero, J., & Zhiminaicela-cabrera, J. (2021). Ciencias Químicas. *Revista Bases de La Ciencia, October*. <https://doi.org/10.33936/rev>
- Moreira, M., Armijos , R., Cabrera , H., & Cueva , A. (2019). Germinación y multiplicación in vitro de *Matricaria recutita* L.: los fenoles totales determinan su germinación. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6-11.
- Moreno, C., Molina, I., Miranda, Z., Moreno, R., & Moreno, P. (2020). LA CADENA DE VALOR DE CACAO EN ECUADOR: UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA COADYUVAR A LA SOSTENIBILIDAD. *BIOAGRO*, 205-214.
- Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., Valera, A., Muñoz, W., & Guerra, J. (2008). Comportamiento de híbridos de cacao (*Theobroma cacao*) al ataque de *Steirastoma breve* (Coleoptera:

- Cerambycidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 34(2), 151–155.
- Navarro, M., & Mendoza, I. (2006). Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. *Historia*, 67. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5288e/A5288e.pdf>
- Pabón, M., Herrera, L., & Sepúlveda, W. (2016). Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia) Socioeconomic and productive characterization of cocoa crops in the Santander Department (Colombia). *Revista Mexicana de Agronegocios*, 38, 283–294. [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/239289/2/G.- Pabon et al\\_Colombia.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/239289/2/G.-Pabon%20et%20al_Colombia.pdf)
- Parco, M., Camacho, A. A., Parco, J. A., Dionisio, F. E., Nacional, I., Agraria, D. I., Nacional, U., Valdizan, H., & Nacional, U. (2021). Revista de Invest . Agropecuaria Science and Biotechnology ISSN : 2788-6913 Caracterización de un jardín clonal de cacao ( Theobroma cacao L .) en la amazonía peruana Characterization of a clonal cocoa garden ( Theobroma cacao L .) in the peruvian amazon . *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*, 01(04), 30–42.
- Quintana , M., & Aguilar , J. (2018). Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿un aporte de marketing global? *INNOVA Research Journal*, 68-76.
- Rodríguez Polanco, E., Parra Alferes, E. B., Bermeo Fuquene, P. A., Segura Amaya, J. D., & Rodríguez Polanco, L. A. (2021). Manejo de la pudrición parda de la mazorca (Phytophthora palmivora) en cacao por aplicación conjunta de prácticas culturales y químicas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 16(1), 79–94. <https://doi.org/10.18359/rfcb.4887>
- Sánchez Mora, F. D., & Garcés Fiallos, F. R. (2012). Moniliophthora roreri en el cultivo de cacao Moniliophthora roreri. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249–258.
- Sánchez, V., Zambrano, J. L., Iglesias, C., Rodríguez, E., Villalobos, V., & Díaz, F. J. (2019). Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe. In *La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Sánchez , M., Jaramillo , E., & Ramírez , I. (2015). *Enfermedades del Cacao*. MACHALA: UTMACH.
- Sanchez , F., Medina, M., Díaz, G., Ramos, R., Vera, J., Vásquez, V., . . . Nodari, R. (2015). POTENCIAL SANITARIO Y PRODUCTIVO DE 12 CLONES DE CACAO EN ECUADOR. *Revista fitotecnia mexicana*, 38, 265-274.
- Solís , J., Zamarripa, A., Pecina, V., Garrido , E., & Hernández, E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (Theobroma cacao L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.6*, 71-82.
- Toala, V. A., Ventura, R. B., Huamán, L. A., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2019). Cultural, biological and chemical control of Moniliophthora roreri and Phytophthora spp in

- Theobroma cacao 'CCN-51.' *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511–520.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Torres-de-la-Cruz, M., Quevedo-Damián, I., Ortiz-García, C. F., Lagúnez-Espinoza, L. del C., Nieto-Angel, D., & Pérez-de la Cruz, M. (2019). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. *Biotecnia*, 21(2), 55–61. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.906>
- Torres, M., Ortiz, C., Téliz, D., Mora, A., & Nava, C. (2013). Efecto del Azoxystrobin Sobre *Moniliophthora roreri*, Agente Causal de la Moniliasis del Cacao (*Theobroma cacao*). *Rev. mex. fitopatol vol.31*, 65-69.
- Ventura, M., & González, A. (2013). Nota Técnica Selección de árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) por características de rendimiento e indicadores de calidad. *Revista Agropecuaria y Forestal APF*, 2(1), 65–68.
- Villacís, L., León, O., Santana, R., Mangui, J., Carranza, G., & Pazmiño, P. (2017). Actividad anti fúngica (in vitro) de extractos vegetales para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*). *J Selva Andina Biosph*, 59-64.
- Villamil C., J. E., Sierra A., L. J., Olarte L., Y., Mosquera E., A. T., Fajardo C., J. D., Pinzón, E. H., & Martínez O., J. W. (2016). Integración de prácticas culturales y control biológico para el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 13. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.9>
- Villamil Carvajal, J. E., Viteri Rosero, S. E., & Villegas Orozco, W. L. (2015). Aplicación de Antagonistas Microbianos para el Control Biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. Bajo Condiciones de Campo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7441–7450. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47830>
- Zavala, W., Merino, E., & Peláez, P. (2018). Influence of three agroforestry systems of cocoa cultivation on carbon capture and storage. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 493–501. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.04>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de medio de cultivo y llenado de botellas.



## Anexo 2. Aislamiento y purificación del hongo *M. rozeri*.



## Anexos 3. Triturado y macerado de extractos botánicos de Manzanilla (*Chamaemelum nobile*) y Ajo (*Allium sativum*)



**Anexos 4. Plaqueo, extracción y aplicación en dosis de 10, 20 y 30 ml de extracto etanólico botánico de ajo, manzanilla y combinados, para cada tratamiento.**





**Anexo 5. Crecimiento micelial a los 4 días en los diferentes tratamientos**



**Anexo 6. Crecimiento micelial a los 9 días en los diferentes tratamientos**



Anexo 7. Crecimiento micelial a los 18 días (final), en los diferentes tratamientos

