



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE AJO
PARA CONTROL DE MONILIASIS (*MONILIOPHTHORA RORERI*) EN
EL CULTIVO DE CACAO.

MORA CORREA ALDO HUMBERTO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE
AJO PARA CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPHTHORA
RORERI) EN EL CULTIVO DE CACAO.

MORA CORREA ALDO HUMBERTO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE AJO PARA
CONTROL DE MONILIASIS (*MONILIPHTHORA RORERI*) EN EL CULTIVO DE
CACAO.

MORA CORREA ALDO HUMBERTO
INGENIERO AGRÓNOMO

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON

MACHALA, 28 DE ABRIL DE 2021

MACHALA
2021

USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE AJO PARA CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPHTHORA RORERI) EN EL CULTIVO DE CACAO.

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %	%	1 %	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Juan Alberto Betanco Maradiaga, Emilio Pérez Castellón. "Estudio del potencial eólico en el municipio de San Nicolás, Estelí. Nicaragua", Revista Científica de FAREM-Estelí, 2019 Publicación	1 %
----------	---	------------

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, MORA CORREA ALDO HUMBERTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE AJO PARA CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPTHORA RORERI) EN EL CULTIVO DE CACAO., 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, 28 de abril de 2021



MORA CORREA ALDO HUMBERTO
0704866847

DEDICATORIA

Doy gracias infinitas a mis queridos padres Nelly Correa Torres y Carlos Mora Hidalgo por haberme apoyado en esta etapa de mi vida.

A mis hijos Mathias y Cristel por ser el puntal fundamental y fuente de inspiración para no rendirme en esta difícil situación y darme la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.

A mis hermanos que sabiendo el complicado camino nunca dejaron de apoyarme con sus palabras de aliento.

A todas las personas que aportaron algo de sí, en mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta maravillosa etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial, para DIOS, mis padres, mis hermanos y mis hijos. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que «El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.»

Me gustaría expresar mi gran agradecimiento al Ing. Edwin Jaramillo por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y desarrollo de este trabajo de investigación. Su disposición a dar su tiempo tan generosamente ha sido muy apreciada.

Doy gracias a mis compañeros y compañeras y en especial a mi compañero de tesis Jhon Bernal que junto a él, pudimos sacar adelante este excelente trabajo. Siembra una buena y sincera amistad, y muy probablemente el tiempo te permitirá disfrutar de una agradable cosecha.

Gracias, infinitas a todos

USO DE DIFERENTES DOSIS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE AJO PARA CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPHTHORA RORERI) EN EL CULTIVO DE CACAO.

Autor

Aldo Humberto Mora Correa

Tutor

Edwin Edison Jaramillo Aguilar

RESUMEN

La producción de cacao en el Ecuador se ha convertido en uno de los negocios de exportación de mayor crecimiento, esta fruta es conocida como la pepa de oro y está reconocida mundialmente por sus características especiales de color y aroma que son muy apreciadas en la elaboración de chocolates finos.

Una de las problemáticas de mayor relevancia en este sector es la caída en la producción y la baja de la calidad, debido a problemas fitosanitarios, entre ellos las enfermedades fúngicas causadas por hongos fitopatógenos, que pueden llegar a reducir en un 90 % la producción, además de la escasa investigación en métodos de control, la mayor parte de los productores de cacao utilizan productos sintéticos para el control de enfermedades, lo que ha provocado que mucho hongos adquieran resistencia a estos productos.

En la actualidad se han buscado alternativas biológicas para el control de varias enfermedades fúngicas, como son los controles con hongos parasitoides y/o antagonistas, extractos vegetales que contienen metabolitos secundarios con acción antifúngica.

Una de las enfermedades más letales por su rápido crecimiento y diseminación es la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, que afecta al fruto en cualquier fase de desarrollo, los primeros síntomas son la aparición de pequeñas manchas oscuras

irregulares, que luego se unen hasta cubrir toda la superficie de la mazorca, los efectos pueden ser no visibles externamente pero su interior está totalmente infectado.

Este trabajo de investigación plantea la utilización de extractos etanólicos de ajo (*Allium sativum*), en diferentes dosis para evaluar el crecimiento micelial de este patógeno en cultivo in vitro. Los tratamientos utilizados fueron 5 diferentes dosis de extractos etanólicos de ajo: 1 % de extracto + 99 % de medio de cultivo, 2 % de extracto + 98 % de medio de cultivo, 3 % de extracto + 97 % de medio de cultivo, 4 % de extracto + 96 % de medio de cultivo, 5 % de extracto + 95 % de medio de cultivo, asimismo se utilizó como testigo una dosificación similar de alcohol con los mismos porcentajes de los extractos para evaluar la incidencia del alcohol en el tratamiento contra *M. royeri*.

Esta investigación fue realizada en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Técnica De Machala. En el trabajo para la obtención del extracto de ajo fue necesaria la utilización de un mortero y un pistilo, luego de obtener la solución está fue combinada con alcohol al 96 % a una relación de 1:2,5. La maceración se la estimó en 1 semana.

En condiciones de laboratorio el tratamiento 4 (extracto etanólico de ajo al 3 %) fue el que presento mejores resultados en el control del crecimiento radial de *M. royeri*, cabe indicar que en los tratamientos 4, 7, 8, 9 se observó la incidencia del alcohol en el crecimiento micelial.

Estos resultados pueden ser el inicio de nuevas investigaciones en el campo fitosanitario de productos biológicos para el control de enfermedades fúngicas, lo que ayudara a obtener productos más saludables y eliminar el uso de productos sintéticos.

Palabras claves: cacao, moniliasis, patógeno, extractos.

USE OF DIFFERENT DOSES OF ETHANOLIC GARLIC EXTRACTS IN THE CONTROL OF MONILIASIS (MONILIOPHTHORA RORERI, CIF AND PAR) IN CACAO CULTIVATION.

Author

Aldo Humberto Mora Correa

Tutor

Edwin Edison Jaramillo Aguilar

ABSTRACT

The production of cocoa in Ecuador has become one of the fastest growing export businesses, this fruit is known as the golden seed and is recognized worldwide for its special characteristics of color and aroma that are highly appreciated in the elaboration of fine chocolates.

One of the most relevant problems in this sector is the drop in production and the decline in quality, due to phytosanitary problems, including fungal diseases caused by phytopathogenic fungi, which can reduce production by 90%, In addition to the limited research on control methods, most cocoa producers use synthetic products for disease control, which has caused many fungi to acquire resistance to these products.

At present, biological alternatives have been sought for the control of several diseases, such as controls with antagonist fungi, plant extracts that contain secondary metabolites with antifungal action.

One of the most lethal diseases due to its rapid growth and spread is moniliasis, caused by the fungus *Moniliophthora roreri*, which affects the fruit at any stage of development, the first symptoms are the appearance of small irregular dark spots, which later join up to cover the entire surface of the cob, the effects may not be visible externally but its interior is totally infected.

This research work proposes the use of ethanolic extracts of garlic (*Allium sativum*), in different doses to evaluate the mycelial growth of this pathogen in in vitro culture. The treatments used were 5 different doses of garlic ethanolic extracts: 1% extract + 99% culture medium, 2% extract + 98% culture medium, 3% extract + 97% culture medium, 4 % of extract + 96% of culture medium, 5% of extract + 95% of culture medium, likewise a similar dosage of alcohol with the same percentages of the extracts was used as a control to evaluate the incidence of alcohol in the treatment against *M. roreri*.

This research was carried out in the phytopathology laboratory of the Technical University of Machala. In the work to obtain the garlic extract it was necessary to use a mortar and a pistil, after obtaining the solution it was combined with 96% alcohol at a ratio of 1: 2.5. Maceration was estimated to be 48 hours.

Under laboratory conditions, treatment 4 (3% garlic ethanolic extract) was the one that presented the best results in controlling the radial growth of *M. roreri*, it should be noted that in treatments 4, 7, 8, 9 the incidence is applied of alcohol in mycelial growth.

These results may be the beginning of new research in the phytosanitary field of biological products for the control of fungal diseases, which will help to obtain healthier products and eliminate the use of synthetic products.

Keywords: cocoa, moniliasis, pathogen,

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
2.	MARCO TEÓRICO.....	15
2.1.	ORIGEN DEL CACAO:.....	15
2.1.1.	La historia cacaotera ecuatoriana	15
2.2.	Distribución Mundial.....	16
2.3.	Clasificación Taxonómica:.....	18
2.4.	Descripción Botánica:	18
2.4.1.	Raíz.....	19
2.4.2.	El tallo.....	20
2.4.3.	Hojas.....	20
2.4.4.	Flores	21
2.4.5.	Frutos.....	22
2.4.6.	Semillas.....	23
2.5.	Producción.....	23
2.6.	Tipos de Cacao:	26
2.6.1.	Cacao Criollo:	26
2.6.2.	Cacao Forastero:	26
2.6.3.	Cacao Trinitario.....	27
2.6.4.	Cacao Nacional.....	28
2.7.	Valor Nutricional	29
2.8.	Principales enfermedades en el cultivo de cacao.....	29
2.8.1.	Escoba de Bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>).	30
2.8.2.	Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	32
2.9.	El uso de plantas para el control de fitopatógenos.....	39
2.9.1.	Metabolitos secundarios presente en las plantas.....	40
2.9.2.	Aceites esenciales.....	41
2.9.3.	Extractos Etanólicos.....	42

2.10.	Ajo. (<i>Allium sativum</i>)	42
2.10.1.	Origen	42
2.10.2.	Descripción botánica	43
2.10.3.	TAXONOMIA	44
2.10.4.	Efecto antifúngico del ajo	44
2.10.5.	Metabolitos secundarios del ajo	44
2.10.6.	Composición química	45
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1.	Ubicación o localización del ensayo	47
3.2.	Materiales y Equipos	47
3.3.	Metodología	48
3.3.1.	Recolección de agente causal	48
3.3.2.	Purificación de colonias:	48
3.3.3.	Preparación de medio de cultivo	49
3.3.4.	Esterilización del medio de cultivo	49
3.3.5.	Elaboración de extracto etanólico de ajo	49
3.3.6.	Plaqueo	50
3.3.7.	Siembra del hongo	51
3.3.8.	Lectura del crecimiento micelial	51
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
3.5.	VARIABLES DE ESTUDIO	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.	CONCLUSIONES	56
6.	RECOMENDACIONES	57
7.	BIBLIOGRAFIA	58
8.	ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Países productores de cacao	17
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del cacao	18
Cuadro 3. Exportación de cacao desde 2014 a 2018	25
Cuadro 4. Producción mundial de cacao	25
Cuadro 5. Diferencias entre cacaos Criollos y Forasteros	27
Cuadro 6. Clasificación taxonómica de <i>Moniliophthora roreri</i>	35
Cuadro 7. Compuestos Fenólicos de importancia agrícola	42
Cuadro 8. Taxonomía del ajo	44
Cuadro 9. Composición química del ajo	45
Cuadro 10. Contenido de vitaminas del ajo	45
Cuadro 11. Contenido de minerales del ajo	46
Cuadro 12. Análisis de la Varianza (SC Tipo III)	53
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Test : Tukey	53
Cuadro 14. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado).....	53
Cuadro 15. Prueba de LEVENE	53
Cuadro 16. Prueba de Kruskal Wallis	54
Cuadro 17. Prueba de comparación de medias ($p \leq 0.05$)	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución y ubicación del cultivo de cacao	17
Figura 2. Descripción botánica del cacao	19
Figura 3. Sistema radicular del cacao	19
Figura 4. Tallo del cacao	20
Figura 5. Hojas de cacao	21
Figura 6. Flores de cacao.....	22
Figura 7. Frutos de cacao	22
Figura 8. Semillas de cacao	23
Figura 9. Valor nutricional del cacao	29
Figura 10. Distribución mundial de escoba de bruja	30
Figura 11. Ciclo de vida de la enfermedad escoba de bruja.....	31
Figura 12. Mazorcas de cacao con síntomas externos e internos	33
Figura 13. Distribución mundial de <i>M. roleri</i>	34
Figura 14. Ciclo de vida de <i>Moniliophthora roleri</i>	37
Figura 15. Elementos básicos del metabolismo primario y en relación con el metabolismo secundario de plantas	40
Figura 16. Origen de algunos metabolitos secundarios en el metabolismo primario.	41
Figura 17. Descripción botánica del ajo	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Producción mundial de cacao	24
Gráfico 2. Principales productores de cacao	24
Gráfico 3. Exportaciones de cacao de 2014 a 2018	25
Gráfico 4. Destinos de exportación de cacao 2020.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evaluación del crecimiento micelial y radial del hongo (testigo a 8 días).....	62
Anexo 2. Tratamiento 1, a 4 días de siembra	63
Anexo 3. Tratamiento 2, a 8 días de la siembra.....	64
Anexo 4. Tratamiento 3, a 12 días de la siembra.....	65
Anexo 5. Tratamiento 5, evaluado a 14 días	66
Anexo 6. Crecimiento micelial a 10 días	67
Anexo 7. Tratamiento 6 (Testigo con alcohol al 1%)	68
Anexo 8. Tratamiento 7 (Testigo más alcohol al 2%)	69
Anexo 9. Tratamientos 5, 6, 7, 8, 9.....	70
Anexo 10. Tratamiento 8 (testigo más alcohol al 3%)	71
Anexo 11. Tratamiento 9 (testigo más alcohol al 4%)	72
Anexo 12. Tratamiento 10 (testigo más alcohol al 5%).....	73

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Teobroma cacao* L.), era considerado por las antiguas civilizaciones como una fruta muy apreciada, y era consumido en su mayor parte en forma líquida por hombres y mujeres, que lo relacionaban con mitos y dioses, además era utilizado medicinalmente y en rituales religiosos.

El origen del cacao está considerado en el noroeste de América del Sur, luego fue expandiéndose por varios países que en la actualidad son líderes mundiales. Recientes investigaciones dan muestra del uso cultural por antiguos pobladores de la cultura Mayo Chinchipe, en Ecuador y han sido los primeros en el mundo en elaborar productos alimenticios con la planta de cacao hace 5300 años aproximadamente.

El cacao es la base de la economía de varios países de Latinoamérica, África y Asia y representa un importante rubro en el mundo, la producción estimada mundial es de 4,23 millones de toneladas, los mayores productores de cacao son Ghana, Indonesia, Nigeria, Ecuador, Camerún, Brasil y Malasia (Morales Cán, 2020), este cultivo ha representado un rol determinante en la historia y economía ecuatoriana, junto con el petróleo y el banano forman la tríada más importante de materia prima de exportación, además que configuran elementos sustanciales en la cultura de la Costa ecuatoriana. (Abad, Acuña, & Naranjo, 2020)

Ecuador es el principal exportador de cacao en América y cuarto a nivel mundial, las características geográficas y la riqueza en recursos naturales hacen a este país el productor por excelencia de cacao fino de aroma cuya calidad y sabor son reconocidos internacionalmente y buscados por los mayores productores de chocolates refinados. Según datos del Banco Central en el año 2020 las exportaciones de cacao aumentaron en un 26 % y alcanzaron los 821 millones de dólares.

Una de las principales limitaciones en la producción de cacao es la presencia de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos (Tirado-Gallego, Lopera-Álvarez, & Ríos-Orsorio, 2016), y entre las enfermedades de importancia económica en el cultivo de cacao se encuentran, la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y moniliasis (*Moniliophthora roreri*), que son causantes de la reducción de hasta el 70 % de la producción.

M. royeri, es un hongo hemibiotrófico y fue reportado en Ecuador por primera vez en 1895, la moniliasis es considerada una enfermedad importante ya que sus síntomas solo se presentan en frutos y su incidencia depende de la edad en que la mazorca es infectada, la infección empieza cuando las conidias llegan a la superficie de las mazorcas, luego la alta temperatura y humedad permite que germinen e ingresen al fruto ocasionando daños internos. En mazorcas \leq 1 mes se observan deformaciones seguidas de necrosis general, pudiendo las semillas ser afectadas. En infecciones de 1 a 3 meses se observan deformaciones y manchas necróticas color marrón oscuro, las cuales se desarrollan rápidamente y llegan a cubrir parcial o totalmente la mazorca, en frutos grandes la maduración es prematura. La parte necrótica se cubre del pseudoestroma del patógeno que inicialmente es de color blanco, posteriormente se torna crema y finalmente de color marrón claro.

Existen diferentes métodos de control utilizados para disminuir la incidencia de esta enfermedad entre las que se encuentran aplicación de productos químicos, que son muy eficaces pero pueden causar graves daños al suelo y en especial a la salud humana. El manejo de esta enfermedad requiere un enfoque integrador con un componente agronómico, por tal motivo se han buscado otras alternativas para reducir el avance de la enfermedad tales como controles culturales (podas oportunas, drenajes eficientes, manejo de sombra, etc.), biológicos (Hongos parasíticos, antagonistas), genéticos (mejoramiento de variedades). (Anzules Toala, Borjas Ventura, Alvarado Huamán, Castro-Cepero, & Julca-Otiniano, 2019)

La utilización de productos de origen orgánico en el control de *M. royeri* tiene varios beneficios por su baja toxicidad, menor costo, disminución de la contaminación del entorno (González Lopez, 2018), existen investigaciones sobre la utilización de extractos naturales de plantas para controlar hongos fitopatógenos, los cuales han dado muy buenos resultados a nivel in vitro.

En la naturaleza existen gran diversidad de plantas capaces de producir sustancias (fenoles, ácidos fenólicos, flavonas, quinonas, flavonoides, cumarinas y taninos) conocidos como metabolitos secundarios, con efectos antimicrobianos capaces de ejercer una defensa contra patógenos. La utilización de plantas denominadas como malezas es una fuente de bajo costo y de mucha importancia para la obtención de extractos orgánicos con acción antimicrobiana. (Ugarte Paucar, 2020)

En el extracto de ajo se han encontrado metabolitos secundarios con acción antifúngica. Por tal motivo se evaluará la respuesta del hongo *Moniliophthora roreri*, causante de la enfermedad moniliasis, en los frutos de cacao a la aplicación de diferentes dosis de extractos etanólicos de ajo, planteándose los siguientes objetivos:

1.1.OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto antifúngico de los extractos etanólicos de ajo, a diferentes dosis, sobre *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro.

1.2.OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos a nivel in vitro

2. MARCO TEÓRICO

2.1.ORIGEN DEL CACAO:

Los Olmecas consideraban al cacao una fruta muy apreciada, ya que su consumo mayormente en forma líquida se consideraba una bebida muy placentera para hombres y mujeres. Los Olmecas habitaron las tierras bajas de México desde el 1500 al 400 A.C. y fueron la primera civilización en aprovechar los beneficios del cacao, se utilizaba desde rituales religiosos hasta usos medicinales. (Quintana Fuentes, García Jerez, & Moreno Martínez, 2018)

Los inicios en el cultivo de cacao fueron en México y América Central, ya que varios autores señalan que los españoles no lo vieron en Sudamérica en su arribo a estas tierras, sino que lo encontraron de forma silvestre a lo largo del río Amazonas, donde aún se encuentran genotipos de gran valor. (Carrera Sánchez, 2016)

Existe otra teoría sobre el origen del cacao la cual indica que es originario del noroeste de América del Sur, y que luego se expandió por toda la costa del pacífico desde Colombia hasta Perú, donde existe una alta variabilidad genética. Las características fenotípicas y genotípicas corresponden a las variedades Forastero y Criollo que fueron evolucionando en estos lugares con el pasar del tiempo. (Carrera Sánchez, 2016)

El cultivo de cacao se ha extendido a muchos países que ahora son líderes mundiales, el continente africano aporta con el 60 % de la cosecha mundial lo que representa 1,6 millones de t. En América el país que más produce es Brasil con el 18 % seguido de Ecuador con el 6 %. Alrededor de 20 millones de personas dependen directa o indirectamente del cacao y la mayor parte de las zonas de producción son pequeños parcelas menores a 5 ha. (Carrera Sánchez, 2016)

La FAO ha desarrollado un proyecto donde plantea que 8 países tienen pertinencia de Denominación de Origen, donde potencializan productos de alta calidad y características únicas. Ecuador ha obtenido la denominación de origen por su variedad de cacao fino de aroma conocido como cacao arriba, siendo uno de los más representativos en este país. (Quintana Lobeida & Aguilar Herrera, 2018)

2.1.1. La historia cacaotera ecuatoriana

En la década de 1770 en el comercio internacional la mano de obra era escasa, y las exportaciones de cacao crecieron exponencialmente desde la mitad del siglo 18 hasta la

crisis de 1811. Ecuador tuvo su boom cacaotero a inicios del siglo XX, muchos productores llevados por el buen precio convirtieron zonas de gran producción en monocultivos, lo que conllevó a que sean afectados por la enfermedad de la Escoba de Bruja, considerada una de las más dañinas para la época causando pérdidas de hasta el 70 % de la producción. Esta enfermedad fue registrada por primera vez en 1895 en Surinam, en Ecuador los agricultores no se prepararon para contrarrestar la enfermedad y en 1920 la escoba de bruja exterminó la mayor parte de los cultivos de cacao, lo que destruyó la economía mono-productiva y llevó a perder el sitio de mercado retrocediendo 50 años en su reconocimiento a nivel mundial. (Quintana Lobeida & Aguilar Herrera, 2018)

Luego de la caída de Ecuador en su producción, Ghana empieza a posicionarse en el mercado con un producto de baja calidad, conociéndose a la fecha las características organolépticas del cacao nacional que representaban el 56 % del mercado mundial.

En el año 2003 luego de varias décadas en condiciones de baja productividad, el país obtuvo un crecimiento del 110 % en las exportaciones, el éxito del incremento se debió mayormente a las acciones tomadas por el Ministerio de Agricultura en relación a podas fitosanitarias. Ecuador posee representatividad en los precios internacionales, siendo el primer proveedor mundial de cacao fino de aroma con alrededor del 70 %. (Martinetti Macias & Chóez Ortega, 2015)

En lo que respecta a nuestra provincia, el cacao se posiciona en el segundo lugar de cultivos permanentes con el 17,06 % del total de superficie cultivada, el primer lugar lo ocupa el cultivo de banano con un 67,7 % y en tercer lugar está el café con una superficie del 10,13 % (Barrezueta-Unda, Prado Carpio, & Jimbo Sarmiento, 2017). Se conocen variedades con cualidades frutales y florales representativas altamente demandadas que se ubican en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí.

2.2.Distribución Mundial

El comercio del cacao está influenciado mayormente por la demanda de los productores de chocolate que se encuentran en países europeos, con la diferencia de que este cultivo es de origen americano. Por la alta demanda de este producto ha llevado a que se expanda por 3 continentes. El potencial crecimiento de países como China e India hace muy expectante y promisorio un crecimiento del mercado. (Batista, 2009)

Figura 1. Distribución y ubicación del cultivo de cacao



Fuente: (Batista, 2009)

Cuadro 1. Países productores de cacao

América	África	Asia y Oceanía
Belice	Benín	Fiji
Bolivia	Camerún	India
Brasil	Congo	Indonesia
Colombia	República Democrática del Congo	Malasia
Costa Rica	Congo	Papúa Nueva Guinea
Cuba	Costa de Marfil	Filipinas
Dominica	Guinea Ecuatorial	Samoa
República Dominicana	Gabón	Islas Salomón
Ecuador	Ghana	Sri Lanka
El Salvador	Guineas	Tailandia
Granada	Liberia	Vanuatu
Guatemala	Madagascar	Vietnam
Haití	Nigeria	
Honduras	Santo Tomé y Príncipe	
Jamaica	Sierra Leona	
México	Tanzania	
Nicaragua	Togo	
Panamá	Uganda	
Perú		
Santa Lucía		
Trinidad & Tobago		
Venezuela		

2.3. Clasificación Taxonómica:

En la clasificación taxonómica el género *Theobroma* L. perteneciente a la familia Sterculiaceae está conformado por 22 especies a nivel mundial, y sólo *Theobroma cacao* L. ha sido descrita taxonómicamente, siendo la de mayor distribución geográfica e importancia económica, en el continente la mayor distribución está comprendida entre Costa Rica y el noroeste de Colombia. (Rondón & Cumana Campos, 2005)

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del cacao

Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dillenidea
Orden	Malvales
Familia	Esterculiácea
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Genero	Teobroma
Especie	Teobroma cacao L.

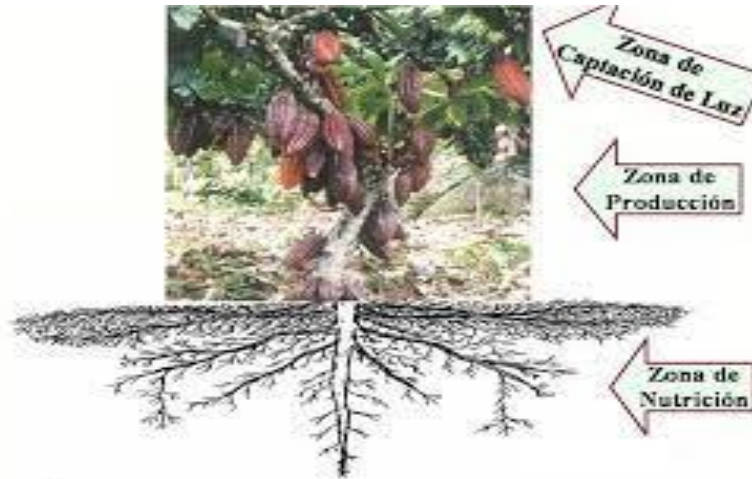
2.4. Descripción Botánica:

La planta de cacao se describe botánicamente como una C3 y la característica más importante de este tipo de plantas es que concentran más cloroplastos en el haz que en el envés. (Gutierrez Navarro & Muñoz Collantes, 2017). Tiene 10 pares de cromosomas ($2N=20$) y su polinización cruzada es mayor al 95 %. Las condiciones agroecológicas más adecuadas para el cultivo de cacao se encuentran en los bosques húmedos tropicales y su producción está concentrada a 20° al norte y 20° al sur de la línea ecuatorial. (Quintero R. & Díaz Morales, 2004)

La temperatura debe fluctuar entre 21° C y 32° C y para obtener un buen rendimiento es necesaria una precipitación anual entre 1.150 y 2.500 mm. La producción de cacao empieza a partir del tercer año de sembrado dependiendo siempre de la variedad y su pico más alto de rendimiento lo alcanza desde el octavo al décimo año, se ha conocido que esta planta es productiva hasta los 45 años de edad si el manejo agronómico es el

adecuado, normalmente se realizan 2 cosechas por año en estas épocas es en donde se requiere mayor mano de obra “cosecha y post-cosecha”. (Quintero R. & Díaz Morales, 2004)

Figura 2. Descripción botánica del cacao



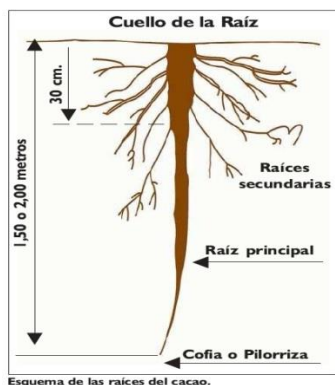
Fuente: <https://images.app.goo.gl/GxEPYjzK8Ck8Kgiw6>

2.4.1. Raíz

El cacao tiene una raíz pivotante lo que le permite estar bien ancladas al suelo y pueden alcanzar de 1,20 m. hasta 1,50 m, y en suelos muy sueltos hasta 2m. Donde empieza el tronco y se forman las raíces se encuentra una zona de transición que está bien definida y se la conoce como cuello de la raíz. (Cedeño Mesías, 2019)

Las raicillas o raíces secundarias se encuentran casi en su totalidad entre los 25 a 30 cm del suelo, pudiendo extenderse hasta 6 m de longitud horizontal, estas tienden a crecer en dirección a la roca madre o hacia la capa freática (Copa Copa, 2017)

Figura 3. Sistema radicular del cacao



Fuente: <https://images.app.goo.gl/XnCkHvfXyoyKR7Q26>

2.4.2. El tallo

El tronco o tallo del cacao que son reproducidas mediante semillas presentan un crecimiento vertical que suele alcanzar una altura de 1 a 2 metros en un período de 12 a 18 meses. Luego de este tiempo la yema apical ralentiza su crecimiento y del mismo emergen de 3 a 5 ramas laterales, a esta unión de ramas se la conoce comúnmente con el nombre de horqueta o verticilo. (Estrada, Romero, & Moreno, 2011)

Figura 4. Tallo del cacao



Fuente: <https://images.app.goo.gl/wFdnVcM77sFCjH7C7>

2.4.3. Hojas

Las hojas son lanceoladas y con bordes enteros, el tamaño varío de 20 a 50 centímetros, la pigmentación presenta diferencias durante su formación, crecimiento y estado adulto, el haz es brillante y muy cutinizada, en cambio el envés presenta muchas estomas. Cuando las hojas son jóvenes presentan flacidez y son muy quebradizas y sus colores varían desde café claro, morados o rojizos hasta verde pálido, en la etapa adulta son de color verde oscuro y delgadas.

Las hojas se encuentran unidas a las ramas mediante el peciolo, este presenta una hinchazón llamada yema los cuales son utilizados para realizar los injertos, el tamaño de las hojas depende de los diferentes caracteres genéticos y también de la posición en el árbol, las hojas que se encuentran más expuestas al sol tienden a ser más pequeñas que las que se ubican en el interior de la planta. (Defaz Quilumba, 2016)

Figura 5. Hojas de cacao



Fuente:<https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/storage/images/8dbf83e852bc083995f65f76ae96feb1b185d9d5.jpg>

2.4.4. Flores

Las flores del cacao son pentámeras, actinomorfas, hermafroditas y poseen un diámetro de 10 a 20 milímetros, estas crecen en el tronco en forma solitaria o en cojinetes florales, el pedúnculo floral tiene de 10 a 30 milímetros de largo. Los sépalos pueden presentar varios colores verdosos, blancos o rosas claros de 5 a 8 milímetros de longitud y de 1,5 a 2 milímetros de ancho reducidamente lanceolados, persistentes y fusionados en la base. Los pétalos son más largos que los sépalos tienen de 6 a 9 milímetros de largo son de color amarillo y presentan de 2 a 3 nervios violetas adentro, con la parte inferior atenuada, recurva o apiculada.

Poseen 10 estambres lineales de los cuales 5 son fértiles y se alternan con otros 5 estaminodios, los estambres se encuentran fusionados en la base formando una especie de tubo, el tamaño de los estambres fértiles varía de 2,5 a 3 milímetros de largo y se ubican frente a los pétalos, los estambres infértiles o estaminodios son de color violeta y miden de 6,5 a 7,5 milímetros de largo. El ovario de la flor de cacao es de 2 a 3 milímetros de largo y es algo anguloso, ligeramente pentagonal y pentámero, los óvulos se distribuyen en 2 filas con 6 a 12 óvulos en cada fila. (Copa Copa, 2017)

Figura 6. Flores de cacao



Fuente: https://www.clubdelchocolate.com/images/content/1/c79_cacao-flowers.jpg

2.4.5. Frutos

Botánicamente al fruto del cacao se lo conoce como una drupa, aunque generalmente es una mazorca. La forma y el tamaño de los frutos están relacionados en gran parte a las características genéticas de la planta, manejo agronómico de la plantación y también a la interacción con el medio ambiente. (Melo Cely, 2016)

En muchos casos los frutos nunca llegan a madurar por falta de semillas y estos son abortados, cabe indicar que estos frutos son el resultado de la maduración del ovario de una flor fecundada. (Defaz Quilumba, 2016)

Figura 7. Frutos de cacao

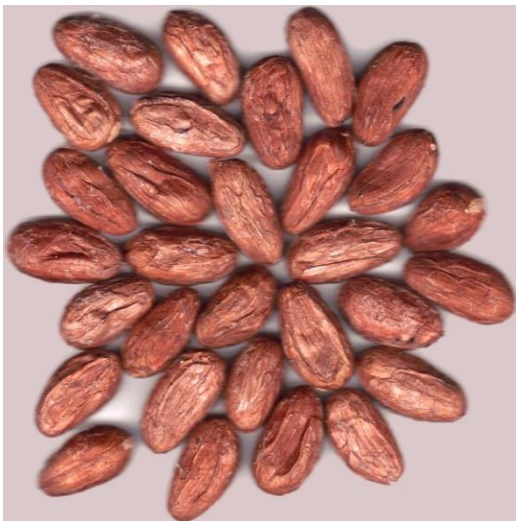


Fuente: <https://static2.abc.es/media/familia/2020/07/15/CACAO-k48G--620x349@abc.jpg>

2.4.6. Semillas

Las semillas al igual que el fruto son polimorfas, varían su forma de elipsoides, ovoides a amigdaloides, de sección redondeada e irregularmente comprimidas. (Cedeño Lopez & Fuentes Zambrano, 2017), las semillas se encuentran recubiertas de una envoltura arilar blanca y con un sabor agradable, la testa es gruesa y el embrión se compone de dos cotiledones que almacenan grasas y que son utilizadas comercialmente. Además las semillas contienen proteínas, fibras, agua y varias sustancias. Los cotiledones pueden variar de color desde blanco hasta violeta siempre dependiendo de la variedad y contienen un promedio del 50 % de lípidos que cuando son extraídos forman la manteca de cacao, el peso de las semillas secas esta alrededor de 0,8 a 1,5 gr. (Arellano Escudero, 2020)

Figura 8. **Semillas de cacao**

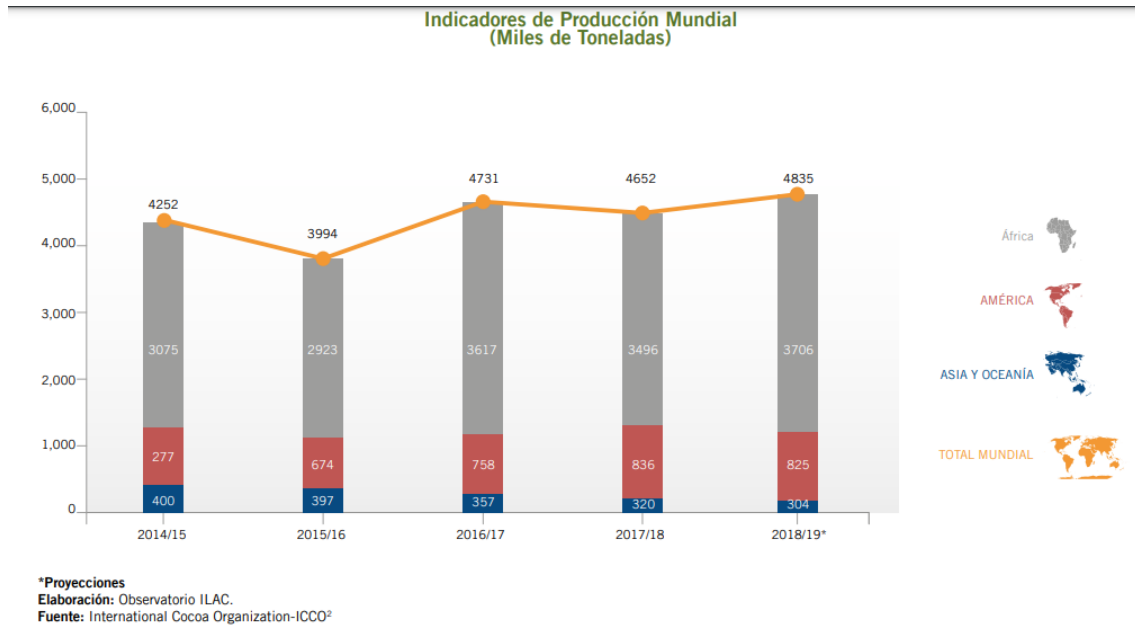


Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Semillas_de_cacao.jpg

2.5. Producción

La Organización Internacional del Cacao estimó en 4.652.000 de toneladas de cacao en grano la producción mundial en el período 2017 – 2018 y de estos el 18 % (836.000 t) corresponden a América Latina, donde están ubicados 5 de los principales productores de cacao a nivel mundial. Ecuador es el principal productor de cacao con 286.600 t, seguido de Brasil con 204.200 t, Perú con 134.300 t, República Dominicana con 84.500 t, y Colombia con 55.000 t, todos estos 5 países tienen una producción total de 748.000 t. (Ginatta, Vignati, & Rodríguez, 2019)

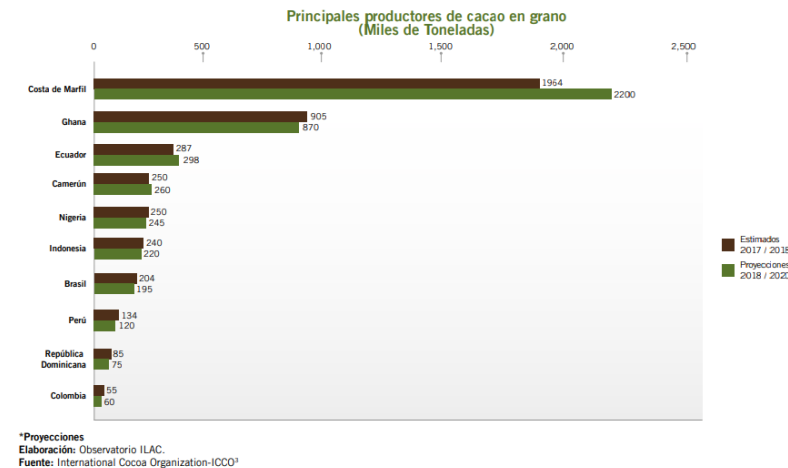
Gráfico 1. Producción mundial de cacao



Fuente: (Ginatta, Vignati, & Rodríguez, 2019)

En la exportación ecuatoriana uno de los principales productos tradicionales es el cacao, según el INEC este sector contribuye con el 5 % de la población económicamente activa nacional y del 15 % de la población económicamente activa rural, esto ha llevado a que se constituya en una base fundamental de la economía familiar ecuatoriana. (ANECACAO, Sector Exportador de Cacao, 2019)

Gráfico 2. Principales productores de cacao



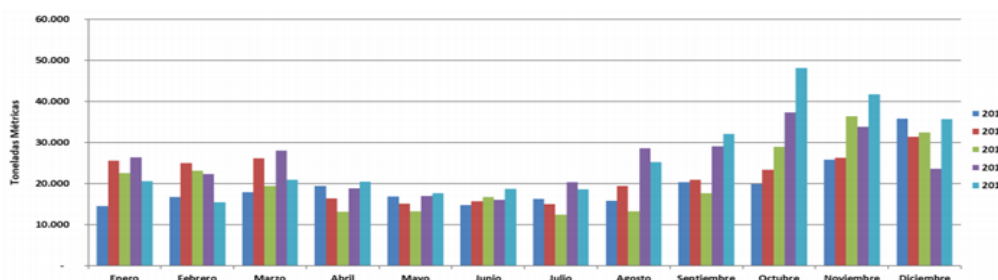
Fuente: (Ginatta, Vignati, & Rodríguez, 2019)

Cuadro 3. Exportación de cacao desde 2014 a 2018

EXPORTACIONES DE CACAO / EN TONELADAS MÉTRICAS					
Meses	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	14.573	25.582	22.585	26.416	20.573
Febrero	16.737	25.035	23.165	22.398	15.488
Marzo	17.878	26.155	19.396	27.986	20.990
Abril	19.474	16.454	13.164	18.879	20.449
Mayo	16.851	15.169	13.305	16.955	17.720
Junio	14.829	15.749	16.782	16.056	18.785
Julio	16.247	15.065	12.445	20.384	18.645
Agosto	15.800	19.405	13.228	28.622	25.212
Septiembre	20.350	20.903	17.731	29.084	32.091
Octubre	19.873	23.380	28.972	37.316	48.102
Noviembre	25.824	26.276	36.381	33.848	41.820
Diciembre	35.842	31.368	32.478	23.582	35.695
TOTAL	234.277	260.540	249.632	301.526	315.571
VARIACIÓN %		11%	-4%	21%	5%
		2014 - 2015	2015 - 2016	2016 - 2017	2017 - 2018

Fuente: (ANECACAO, Sector Exportador de Cacao, 2019)

Gráfico 3. Exportaciones de cacao de 2014 a 2018



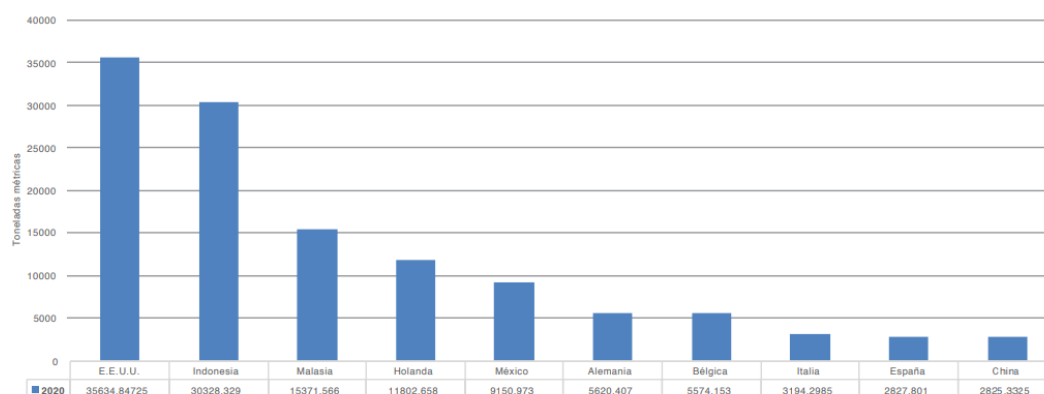
Fuente: (ANECACAO, Sector Exportador de Cacao, 2019)

Cuadro 4. Producción mundial de cacao

Países Productores De Cacao	Producción del 2019
Costa de Marfil	1,423,021.23
Ghana	632,708.77
Indonesia	615,341.88
Nigeria	350,054.27
Brasil	234,921.81
Camerún	193,267.12
Ecuador	122,891.88
República Dominicana	57,836.81
Perú	50,583.15
Colombia	50,472.04

Fuente: (FAOSTAT,2019)

Gráfico 4. Destinos de exportación de cacao 2020



Fuente: (ANECACAO, REVISTA INSTITUCIONAL ANECACAO, 2020)

2.6. Tipos de Cacao:

En el mundo en la actualidad existe una gran cantidad de variedades y clones, la diversidad genética con la que se cuenta es amplia, aunque al principio solo existían 2 tipos: el forastero y el criollo, la mezcla de estas 2 especies da origen al cacao trinitario. (Estrada, Romero, & Moreno, 2011)

2.6.1. Cacao Criollo:

El cacao criollo está caracterizado por tener estaminoides rosados, mazorcas rojas o verdes de tipo cundeamor, de superficie rugosa y surcos prominentes, sus semillas son de color blanco en un promedio de 20 a 30 por mazorca. El nombre “criollo” ha sido atribuido originalmente por los españoles al cacao cultivado en Venezuela, América Central y México, en donde el color de los cotiledones es blanco y proporcionaban un chocolate de excelente calidad. Los tipos de cacao criollo mayormente conocidos incluyen al cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana. (García García, 2020)

En este tipo de cacao la mazorca presenta un tamaño mediano y su punta es curvada, las semillas son muy grandes y jugosas, con alto contenido de grasa, sin astringencia y su aroma es delicioso. (Romero Cardenas, Fernández Ronquillo, Macías Onofre, & Zúñiga Gurumendi, 2016)

2.6.2. Cacao Forastero:

Este tipo de cacao tiene una característica predominante en la coloración de la mazorca, al principio es de color verde claro o rosa pálido, después en la maduración pasa al color amarillo, su punta es redondeada, la cascara puede ser lisa o ligeramente rugosa, un

poco delgada, presenta 10 surcos superficiales, con una capa lignificada en el centro del pericarpio. Sus semillas son pequeñas, de color moradas, de forma triangular en corte transversal, además de ser achatadas. (Romero Cardenas, Fernández Ronquillo, Macías Onofre, & Zúñiga Gurumendi, 2016)

Cuadro 5. Diferencias entre cacaos Criollos y Forasteros

Características	Cacao Criollo	Cacao Forastero
Compatibilidad genética	Autocompatible	Frecuentemente incompatible
Horqueta o verticilos	Pocas o nada	Abundantes
Resistencia a enfermedades	Susceptibles	Muy resistente
Vigor y floración	Poco	Mucho
Tamaño de la flor	Flores grandes	Medianas, pequeñas
Color de hojas jóvenes	Verdes o rojas claras	Opacas
Color de la mazorca	Rojo claro	Morado oscuro
Semillas por fruto	Menos de 30	Hasta 45
Pericarpio	Fino y blanco	Espeso y duro
Mesocarpio	Ausente o delgado	Duro y grueso
Color de las semillas	Blanca y rosada	Morada
Formas de la semilla	Redonda	Alargadas
Sabor del muscílago	Dulce	Ácido
Sabor de la semilla	Dulce	Amargo
Tiempo de fermentación	3 días	Hasta 8 días

2.6.3. Cacao Trinitario

El cacao Trinitario proviene del cruce del cacao Forastero y el cacao Criollo, por tal razón existen muchos grados de cruzamiento y sus características genéticas, morfológicas y de calidad son intermedias. (Romero Cardenas, Fernández Ronquillo, Macías Onofre, & Zúñiga Gurumendi, 2016)

Se conoce que los Trinitarios ocupan entre el 10 % y el 15 % de la producción a nivel mundial. Descrito botánicamente es un grupo complejo que está constituido por una población híbrida que tiene su origen en la Isla de Trinidad, en donde se cruzó una variedad introducida de la Cuenca del Orinoco con una variedad originaria de la zona, el criollo de Trinidad.

El tamaño de los granos varía entre mediano a grande, de 65 a 90 granos por cada 100 gramos, los cotiledones son de color castaño y presentan un aroma de intensidad media. El árbol presenta un crecimiento vigoroso, por tal motivo el tamaño de las mazorcas es grande y su color varía entre rojo, amelonado y purpura, el grano o semilla es más

redondeado que los del tipo Forastero y son de color violeta claro. La calidad de este cacao es muy variable debido a su misma naturaleza híbrida y son cultivados en la mayoría de los países donde se cultiva los cacaos Criollos. En el Ecuador el cacao Trinitario fue introducido desde 1890 y paulatinamente ha ido desplazando al cacao “Nacional”. (Zambrano Cruz, 2017)

2.6.4. Cacao Nacional

Esta variedad es tradicional de Ecuador y se caracteriza por dar un chocolate fuerte, de muy buen sabor y aroma, la fermentación es muy corta de pocas horas a diferencia del cacao forastero que toma varios días y en casos muy extremos hasta doce días. En la actualidad este genotipo se ha ido perdiendo debido a la incorporación de materiales resistentes que han afectado en gran medida su producción. Por mucho tiempo se lo considero un tipo de cacao Forastero, ya que el árbol y la mazorca se asemejaban mucho a lo que en Venezuela y Trinidad & Tobago se conocía como Forastero, por ser su origen ajeno a estos países, aunque en la actualidad se ha demostrado que el cacao “Nacional” se relaciona más con la variedad Criolla. (Zambrano Cruz, 2017)

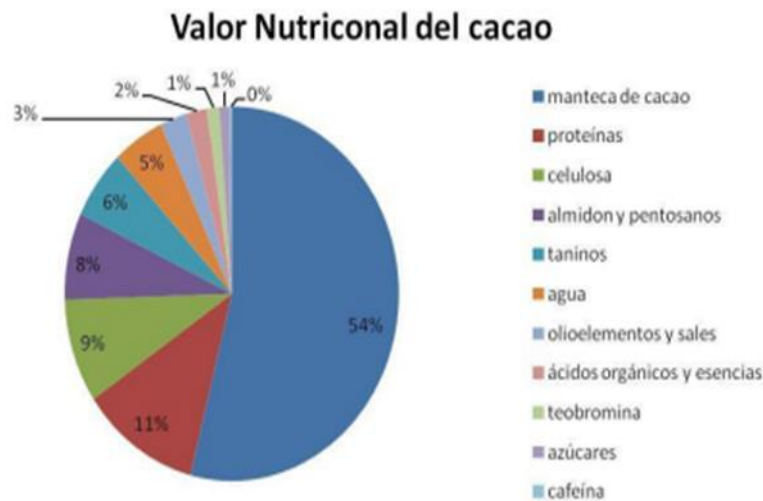
En el cacao de tipo Nacional la mazorca es muy típica y puede ser diferenciada frente a otros genotipos, además se considera que la forma y color de las semillas no es parecido al de los Forasteros. Por el tiempo que necesita para la fermentación, por su calidad y aroma se estima más razonable que este tipo de cacao esté más cerca del grupo Criollo, su origen ha sido reconocido en el alto Amazonas en el Oriente ecuatoriano, donde han sido identificados materiales genéticos similares.

La presencia de varias enfermedades hizo que los agricultores empiecen un acelerado proceso de cambio de cacaoteras del tipo Nacional por híbridos de origen Trinitario, ya que estos poseían un alto nivel de producción y una aparente resistencia a dichas enfermedades, esto ha provocado una pérdida de la diversidad genética, en especial los genes que expresan la calidad organoléptica, una de las principales características del cacao ecuatoriano. Se ha observado el establecimiento de este cultivo en zonas más secas debido a que en estos lugares la presencia de enfermedades tiene una menor intensidad. (Zambrano Cruz, 2017)

2.7. Valor Nutricional

El cacao además de sus propiedades sensoriales, se destacan componentes funcionales asociados a la salud cardiovascular, estas características se la confieren a los polifenoles antioxidantes presentes en esta fruta, entre los que podemos encontrar están proantocianidinas (58-65%), catequinas (29-38%) y antocianidina (1,7-4%), estos compuestos son similares a los que podemos encontrar en el té, el vino o algunos vegetales, y aportan a la formación de precursores del sabor en el chocolate. (Durá Esteve, 2016)

Figura 9. Valor nutricional del cacao



Fuente: (Estrada, Romero, & Moreno, 2011)

2.8. Principales enfermedades en el cultivo de cacao.

Las enfermedades que afectan a nivel mundial al cultivo de cacao son diversas y su importancia varía dependiendo la región, el país o los continentes y depende la intensidad con que se presente. Las 3 enfermedades más severas reconocidas por muchos autores por la incidencia en la producción son causadas por cromistas y hongos, en especial el complejo de especies de *Phytophthora* y los basidiomicetos *Monilíophthora roreri* y *M. perniciosa* (Molina Moret & Sosa, 2017)

La caída en la producción de cacao y la baja en la calidad se ha debido principalmente a los problemas fitosanitarios, entre ellos las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, esta problemática ha sufrido un aumento en los últimos años, favorecida

por un manejo inadecuado en los cultivos y además por cambios ambientales provocados por acciones antrópicas. (Correa Alvarez, Castro Martínez, & Coy, 2014)

2.8.1. Escoba de Bruja (*Moniliophthora perniciosa*).

Esta enfermedad es causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa*, perteneciente a la familia Marasmiaceae, orden Agaricales de la clase Basidiomycetes. Este hongo se lo conocía anteriormente como *Marasmius pernicius*. Se aduce que el hongo tuvo su origen y luego co-evoluciono con sus hospederos en la cuenca alta del río Amazonas. (Tarqui Freire, Sotomayor Cantos, Casanova Mendoza, Rodríguez Zamora, Plaza Avellán, & Zambrano Flores, 2017)

2.8.1.1. Distribución

El hongo y la enfermedad se encuentra distribuido en muchos países de América Latina como son: Brasil, Bolivia, Ecuador, Colombia, Guyana, Granada, Panamá, Guyana Francesa, Perú, Trinidad & Tobago, Sta. Lucia, San Vicente y las Granadinas, Surinam y Venezuela (Pérez Vicente, 2018)

Figura 10. Distribución mundial de escoba de bruja



Fuente: <http://scielo.sld.cu/img/revistas/rpv/v33n1/f0107118.gif> (Pérez Vicente, 2018)

2.8.1.2. Ciclo de la enfermedad.

La enfermedad empieza su ciclo con la germinación de las basidiosporas que producen hifas monocarióticas gruesas de 5 a 20 μm , estas infectan el tejido meristemático de brotes vegetativos y florales a través de los estomas o pequeñas heridas, luego colonizan el apoplasto y producen variaciones drásticas en el tejido hospedante, debido a la formación de hormonas inductoras del crecimiento de las escobas.

Los basidiocarpos nunca se forman durante la etapa monocariótica biotrófica del patógeno, en escobas verdes. Luego de seis a nueve semanas, cuando las escobas en los tallos y las mazorcas infectados mueren y se secan, y bajo condiciones cambiantes de humedad y secado, el hongo cambia a su etapa necrotrófica y se forman los basidiocarpos a partir del micelio de unas hifas delgadas dicarióticas con fíbulas, las cuales son las encargadas de liberar las basidiosporas al ambiente durante 2 a 8 días y después de esto se reinicia el ciclo de la infección. (Pérez Vicente, 2018)

Figura 11. Ciclo de vida de la enfermedad escoba de bruja



Fuente: (Pérez Vicente, 2018)

2.8.1.3. Síntomas.

Los síntomas de la escoba de bruja dependen de varios factores como es el tipo de infección, la edad del tejido y las condiciones ambientales en el momento de la infección. Las plantas provenientes de semillas infectadas presentan hipertrofia en la base del hipocotíleo, además de debilitamiento de la plántula, las hojas presentan clorosis, se desarrollan muy delgadas y apergaminadas, se vuelven quebradizas y luego ocurre la necrosis de la hoja. Cuando la infección se produce en las yemas vegetativas se forman escobas típicas en forma de látigo, necrosis de yemas, atrofia de ramas y hay un escaso desarrollo de las yemas axilares o no se desarrollan. (Sánchez Cuevas, Jaramillo Aguilar, & Ramírez Morales, 2015)

Cuando el patógeno penetra los cojines puede llegar a producir la formación de escobas vegetativas, parecidas a las que se forman en las yemas vegetativas, también puede

encontrarse proliferación de flores con pedicelos largos e hipertrofiados. Las flores infectadas pueden producir mazorcas partenocarpías en forma de chirimoya, cuando el pedicelo necrosa tempranamente el fruto se queda pequeño, de lo contrario pudiera crecer hasta ocho centímetros y luego necrosar. Los síntomas en los frutos pueden ser variados dependiendo del fenotipo y de la edad del fruto, pueden presentar lesiones necróticas, de colores oscuros, de formas irregulares y alargadas con aspecto de alquitrán, estas lesiones generalmente están rodeadas por un halo amarillo. El mucílago presenta forma gelatinosa y es de color amarillo, los granos se deforman y pueden presentar hidrólisis de los cotiledones, algunos frutos maduran prematuramente con presencia de mosaicos amarillos en frutos inmaduros. El patógeno invade la placenta produciendo pudrición del mucílago y cotiledones, en infecciones tardías los frutos maduros presentan “islas verdes” con destrucción total o parcial de las almendras. (Sánchez Cuevas, Jaramillo Aguilar, & Ramírez Morales, 2015)

2.8.2. Moniliasis (*Moniliophthora roreri*).

Esta enfermedad fúngica denominada moniliasis es causada por el basidiomiceto, *Moniliophthora roreri*, se encuentra presente en la mayoría de países latinoamericanos, este patógeno se adapta a la diversidad de ambientes. Esta enfermedad es muy devastadora y a consecuencia de los controles tradicionales estos han generado respuestas colaterales, como es el aumento de la resistencia genética de la cepa del hongo en varias regiones. (Correa Alvarez, Castro Martínez, & Coy, 2014)

2.8.2.1. Etiología

Inicialmente este hongo fue llamado *Monilla roreri* por Ciferri y Parodi (1933) y se lo clasificó dentro del Phylum Ascomycota, descrito como un hongo anamorfo por su aparente ausencia de un estado meiótico o estructuras sexuales y su parecido morfológico con varios fitopatógenos del género. Con microscopía electrónica se ha descubierto la presencia de septo dolíporo y además un evento único de esporogénesis basipetal, gracias a estos resultados se motivó a la creación del nuevo género *Moniliophthora*. Con el uso de técnicas moleculares se ha confirmado que este patógeno es un Basidiomycete, luego se reafirmó la ubicación de *Moniliophthora roreri* dentro de la familia Tricholomataceae. (Carrera Sánchez, 2016)

2.8.2.2. Origen de la enfermedad

Al inicio Ecuador fue considerado el centro del origen de la enfermedad, en 1917 el fitopatólogo J. B. Rorer, tuvo que viajar desde Trinidad & Tobago hasta Ecuador para recolectar muestras en busca de una explicación para la reducción que sufrió la producción cacaotera. Estas muestras fueron enviadas a R. E. Smith investigador de la Universidad de California, él determinó que esta enfermedad es causada por el hongo *Monilia* sp. La moniliasis se ha sido considerado que tuvo su origen en 1817 en el departamento de Santander – Colombia, y en Antioquia hubo registros en 1851, gracias a estudios genéticos que son basados en polimorfismos de fragmentos largos amplificados y también a datos de secuencias intergénicas, se encontró una alta diversidad genética de *Moniliophthora roreri*, lo que hace presumir con estas evidencias que Colombia es la región de origen de este patógeno. (Correa Alvarez, Castro Martínez, & Coy, 2014)

Figura 12. Mazorcas de cacao con síntomas externos e internos



Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2F>

2.8.2.3. Distribución.

Fue reconocida tempranamente en el noreste colombiano en 1817 y este hongo está presente en Bolivia, Belice, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Panamá, Nicaragua, Perú y Venezuela.

Figura 13. Distribución mundial de *M. roleri*



Fuente: <http://scielo.sld.cu/img/revistas/rpv/v33n1/f0107118.gif> (Pérez Vicente, 2018)

2.8.2.4.Descripción in vitro de Moniliophthora roleri; agente causal de la Moniliasis en cacao.

Moniliophthora roleri descrita in vitro presenta un crecimiento en áreas concéntricas, con coloraciones diferentes dentro de la misma colonia, en el centro presenta una zona color café oscuro, que está constituida por masas de conidios aunque menos densa. Observado al microscopio es brillante y septado, con hilos cortos de 3 a 4 micrómetros de ancho, el micelio es tortuoso, hialino y ramificado, forma un pseudoestroma sobre la superficie de las manchas, los conidióforos son bifurcados o trifurcados en la base, los conidios forman cadenas simples, ramificadas de 7,5 a 10 micras de diámetro por 8 a 10,5 micrómetros de largo, pueden ser redondeados o elipsoidales. (Palma Vivas & Olivas Arauz, 2015)

2.8.2.5.Interacción planta – Patógeno: expresión de genes en las diferentes etapas de infección de M. roleri

En la primera fase biotrófica de infección, el patógeno rompe la pared celular de la planta y se desarrolla entre los tejidos de la vaina del cacao, la accesibilidad de los nutrientes es de vital importancia para el desarrollo y crecimiento del patógeno. En el interior de los genes se encuentra la pleutrolisina B, que es una citolisina causante de la formación de poros que proporcionan acceso del patógeno a los nutrientes de la planta.

Para evitar que el huésped active sus mecanismos de defensa, las hidrofobinas actúan enmascarando al patógeno de la detección del huésped mientras lo está colonizando.

McpC5 pertenece a los genes de ceratoplanina que se encargan de unir fragmentos de quitina, que son los que actúan en la mitigación de las respuestas de defensa de las plantas, protegiendo al patógeno durante su fase biotrófica. En la fase necrotrófica la biomasa del hongo aumenta y presenta varias condiciones, su crecimiento es más acelerado y los genes se expresan asociados con la patogenicidad: “las ceratoplaninas, las proteínas inductoras de necrosis (NEP), saliciato hidrolasas y sideróforos de hierro; las ceratoplaninas y los NEP son toxinas que causan la muerte celular de las plantas” (Aguirre Cobos, 2019)

2.8.2.6. Taxonomía de *M. roreri*

La taxonomía de *M. roreri* históricamente ha pasado por muchos cambios desde la identificación de este hongo por primera vez, R. Ciferri y Parodi en el año de 1933 lo clasificaron de la siguiente manera: Clase: Deuteromicetos, Orden: Hifales, Género: Monilia, especie: roreri. Examinando sus caracteres ultraestructurales se encontró que la estructura interna del micelio del patógeno es mucho más semejante a los basidiomicetos que a los ascomicetos describiendo así el nuevo género Moniliophthora, por tal razón en el año 2005 se presentó la nueva clasificación taxonómica para *M. roreri* dentro del Phylum: Basidiomycota, clase: Agaricomycetes, orden: Agaricales, Familia: Marasmiaceae, Género: Moniliophthora, especie: roreri (Carrera Sánchez, 2016)

Cuadro 6. Clasificación taxonómica de *Moniliophthora roreri*

Dominio	Eukaryota
Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Subclase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Genero	Moniliophthora
Especie	roreri

2.8.2.7.Sintomatología.

En el cacao la malformación de las vainas está asociado a la edad de la infección, entre más joven es la vaina el efecto sobre la expresión de síntomas es mayor. Uno de los primeros síntomas es la aparición de manchas oscuras y lesiones irregulares que cubren la mayoría de la superficie de la vaina, después de 3 a 8 días el pseudostroma envuelve la vaina cambiándola gradualmente del color crema a rosado o marrón oscuro todo esto a medida que las esporas maduran y se desarrollan.

La sintomatología en algunos frutos puede ser nula en el exterior, incluso después de 60 días de la infección, pero en el interior se encuentran necrosados, en cambio la infección puede darse en vainas con más de tres meses de edad y el daño solo se refleja en la cáscara, así estas mazorcas pueden ser utilizadas en la cosecha ya que las almendras no presentan daño. También los síntomas internos varían con la edad, en frutos tiernos los problemas se presentan en el número y en el desarrollo de semillas, sus tejidos son muy desorganizados y gelatinosos, cuando la infección se da en frutos adultos se puede observar una hiperplasia macroscópica de las células y produce compactación tisular de los tejidos con semillas malformadas, a menudo los frutos enfermos son más pesados que los frutos sanos. (Aguirre Cobos, 2019)

2.8.2.8.Sobrevivencia del patógeno.

El hongo permanece en los frutos infectados que están adheridos a las plantas en forma de conidios, estas esporas germinan sobre las mazorcas e ingresan vía intercelular a través de la epidermis en cualquier etapa de la mazorca, luego el hongo se torna intracelular, instante en que empiezan los síntomas de la enfermedad. (Villavicencio & Jiménez, 2010)

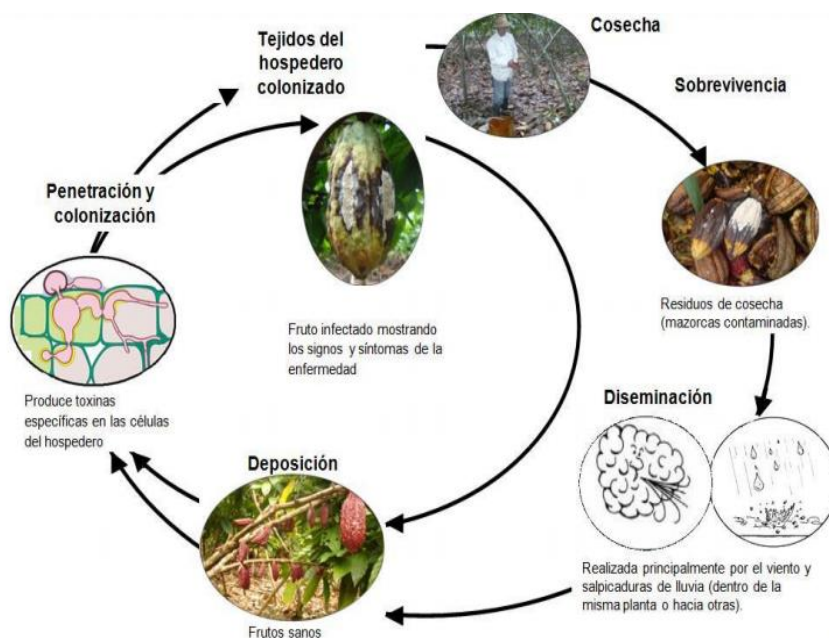
2.8.2.9.Ciclo de vida del patógeno

La cantidad de esporas libres y las condiciones climáticas son factores que determinan el ciclo de vida de *Moniliophthora roreri*, esto empieza en la estación menos lluviosa, en esta época es en donde las esporas disponibles en el ambiente se encuentran en mayor cantidad, pero además para que la infección inicie se necesita que existan condiciones de humedad. El factor crítico en Ecuador es la marcada estación seca lo que determina la importancia como este patógeno sobrevive entre cosechas y luego está disponible como fuente de inóculo en el inicio de la estación húmeda. Los conidios sólo

germinan con la presencia de una lámina de agua y a una temperatura cercana a los 24 °C su germinación es mayor.

El patógeno ingresa por la epidermis del fruto para luego propagarse inter e intracelularmente en los tejidos subepidermales y el exocarpo, para continuar la infección en los tejidos centrales que incluyen las semillas y empieza la necrosis desde el interior hacia la epidermis. En el exterior se presentan puntos aceitosos circulares y muy pequeños, luego estos se convierten en manchas de color amarillo y marrón. Desde la infección hasta la aparición de las manchas tiene una duración de 60±10 días, dependiendo de la vulnerabilidad del clon de cacao. (Romero Meza, 2018)

Figura 14. Ciclo de vida de *Moniliophthora roreri*



Fuente: (Gutierrez Foronda, 2017)

2.8.2.10. Estrategias de Control.

a. Control Biológico.

El uso de los controles biológicos ha tenido diferentes significados a lo largo del tiempo, los fitopatólogos han empleado este término para describir métodos de control que incluyen cambios del pH del suelo, rotación de cultivos, uso de abonos orgánicos. (Palma Vivas & Olivas Arauz, 2015)

Existen algunos hongos que producen antagonismo frente a este patógeno y se encuentran dentro de los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*. Además se han encontrado gusanos de una polilla que no ha sido identificada que se alimenta de *M. roleri*. (Villavicencio & Jiménez, 2010)

b. Control Químico.

En la aplicación de fungicidas basados en cobre como el óxido cuproso o el hidróxido de cobre, se han obtenido muy buenos resultados, también el fungicida sistémico Flutolanil ha sido recomendado para el control de *M. roleri*. Este método de control es una práctica poco empleada debido a la escasa disponibilidad de productos específicos que sean efectivos en el control del hongo.

En la actualidad se encuentran en el mercado una gran variedad de fungicidas protectantes basados en sales de cobre, que, por su eficiencia, económicos y su bajo impacto sobre el medio ambiente, representa una opción que debe ser evaluada. También existen fungicidas sistémicos que tienen una capacidad de translocación y que pueden erradicar las infecciones recién establecidas y se podrían utilizar en las primeras etapas de desarrollo de la enfermedad. (Torres De la Cruz, Quevedo Damián, Ortiz García, Lagúnez Espinoza, Nieto Angel, & Pérez De la Cruz, 2019)

c. Control Cultural.

El método de control cultural es el más utilizado por los agricultores, donde está incluido el control de arvenses, la mejora de los drenajes, la poda de las plantas de cacao y también de los árboles de sombra. También está considerada en el control cultural la eliminación de frutos en temporada de baja o nula producción, la remoción de frutos enfermos y la cosecha oportuna. (Torres De la Cruz, Quevedo Damián, Ortiz García, Lagúnez Espinoza, Nieto Angel, & Pérez De la Cruz, 2019)

- Podas suaves y frecuentes,
- Regulación del sombrío permanente.
- Adecuado sistema de drenaje.
- Deshierbes frecuentes y oportunas,
- Eliminar dos veces por semana en los meses de lluvia los frutos afectados por la moniliasis que se encuentren en la plantación.

d. Control genético.

En el cultivo de cacao existen diferencias en la susceptibilidad a *M. royeri*, lo que demuestra que existen fuentes de resistencia al patógeno en esta especie, no se han encontrado materiales inmunes a este patógeno, pero se han realizado varias pruebas en países como Colombia, Ecuador, Honduras y Costa Rica, donde se han conocido cultivares que muestran un menor número de infección en las mazorcas. Algunos ejemplos de estos clones son: UF-273, EET-75, EET- 233, UF-296, CC-210, IMC-67 y el CC-266. (Carrera Sánchez, 2016)

2.9.El uso de plantas para el control de fitopatógenos

Uno de las principales limitantes en la producción agrícola son las plagas y enfermedades, y el control está basado en la utilización de productos químicos sintéticos, estos a su vez han causado efectos secundarios y problemas en la salud humana, desequilibrio en el ambiente, surgimiento de vectores, enfermedades agresivas y más resistentes, etc. Se detectan altos niveles de residualidad en las cosechas por el uso indiscriminado de estos pesticidas, por tal motivo se buscan nuevas alternativas que sean menos dañinas para el medio ambiente.

Las plantas han sido capaces de protegerse por sí solas de algunas enfermedades, mucho antes de que el hombre interfiera en la protección de los cultivos con el uso de productos químicos sintéticos, las plantas han logrado sintetizar una gran variedad de metabolitos secundarios relacionados con la activación de sus mecanismos de defensa. Esta característica permite que las plantas actúen como antagonistas de varios patógenos bióticos y plagas, estos mecanismos son complejos y variados como resultado de un largo proceso de evolución. La resistencia de las plantas al ataque de los patógenos se debe a las diferentes estrategias de defensa que pueden ser constitutivas o inducidas por factores externos. El uso de plantas para el control de hongos fitopatógenos puede ser mediante el aprovechamiento de su acción antagonista, se pueden asociar con cultivos o incorporarlas al suelo, además de la preparación de extractos vegetales o infusiones a partir de tejidos.

Los principales antifúngicos pertenecen a la clase de compuestos secundarios como los terpenoides, iridoides, sesquiterpenos, saponinas, compuestos azufrados o nitrogenados (alcaloides, aminas, amidas), alifáticos (especialmente alcanos de cadena larga y ácidos

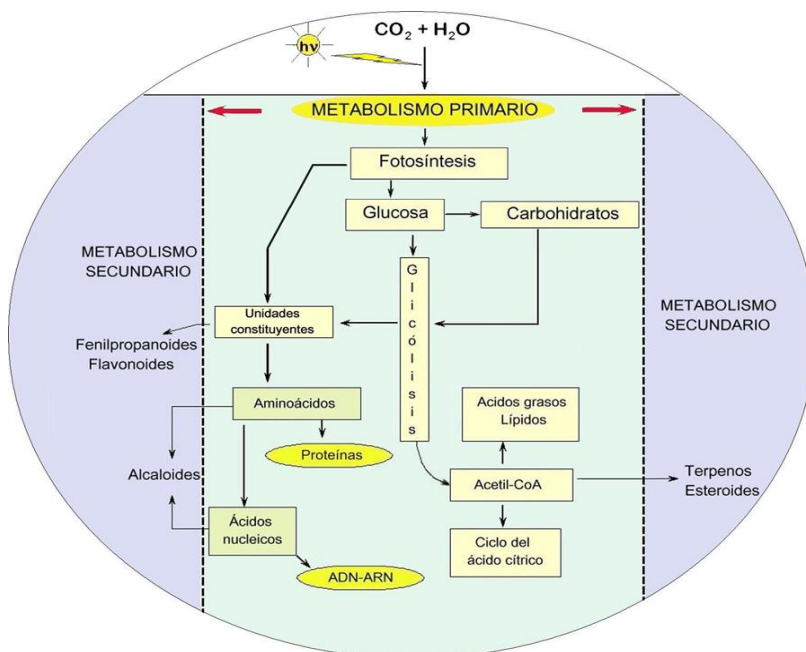
grasos) y aromáticos (fenoles, flavonoides, estilbenos, bibenziles, xantonas y benzoquinonas). (Gutierrez Foronda, 2017)

2.9.1. Metabolitos secundarios presente en las plantas

La forma más común de controlar los hongos es la utilización de productos químicos, pero el uso indebido de estos productos ha logrado que los patógenos adquieran resistencia a la acción fúngica derivada de síntesis química. La actual necesidad de contar con alimentos sanos ha provocado que se busquen diferentes alternativas a la aplicación de agroquímicos que reduzcan la presencia de microorganismos patógenos que causan enfermedades en fases productivas, sin que estos afecten la salud humana.

Los metabolitos secundarios se derivan del metabolismo primario, pero su distribución es limitada entre las plantas y está restringido específicamente a un grupo taxonómico, la evolución y microevolución de la acción defensiva de las plantas está en estrecha relación con el ambiente que las rodea, y se han adecuado a diferentes estreses abióticos. (Rioja Soto, 2020). En la antigüedad se creía que estos metabolitos se producían con funciones no específicas, posteriormente se descubrió que estas poseen altos rendimientos y que sus funciones son múltiples en las plantas, no tienen incidencia en el metabolismo primario.

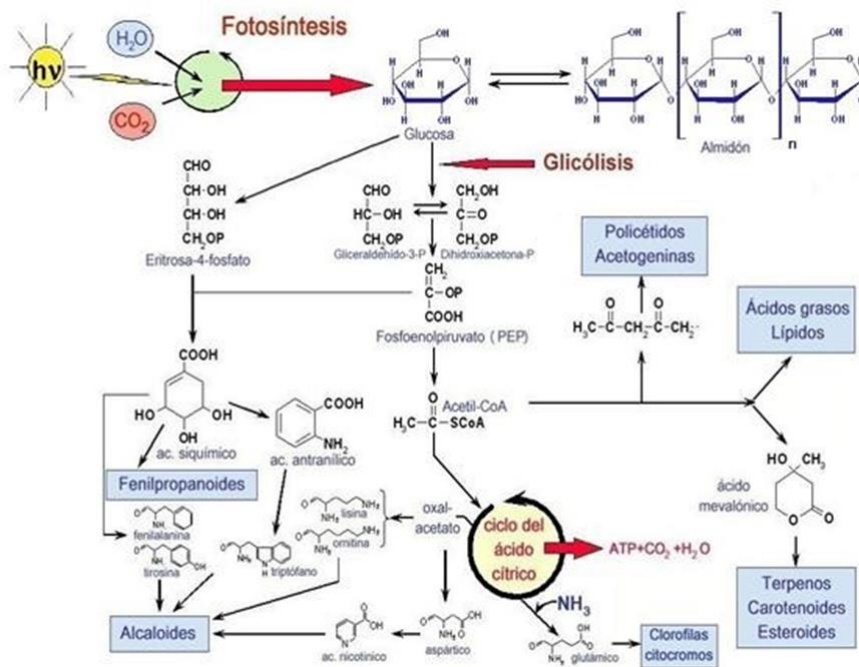
Figura 15. Elementos básicos del metabolismo primario y en relación con el metabolismo secundario de plantas



Fuente: (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009)

Los compuestos secundarios presentes en extractos vegetales con acción antimicrobiana son los terpenoides, los compuestos fenólicos, los estilbenos, los fenilpropanoides, los alcaloides y las saponinas, estos compuestos tienen una gran ventaja, que son de rápida degradación en el suelo y no representan efectos tóxicos en animales y pueden ser utilizados en agricultura orgánica y en sistemas de cultivos sustentables. El control de la actividad microbiana se puede relacionar con la inhibición de la germinación de los conidios del patógeno, la suspensión en la actividad de síntesis de aminoácidos esenciales que son causadas por la intromisión en las reacciones de la eritrosa-4-fosfato, el fosfoenolpiruvato y el ácido shiquímico, lo que ayuda en la formación de triptófano y reduce la elaboración de fenilalanina. (Rodríguez Maturino, y otros, 2015)

Figura 16. Origen de algunos metabolitos secundarios en el metabolismo primario.



Fuente: (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009)

2.9.2. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son una combinación de diferentes compuestos terpenoides y sus derivados oxigenados, los cuales han demostrado amplia acción contra microorganismos fitopatógenos, el control del crecimiento del patógeno por aceites esenciales está relacionado con cambios en la composición de la pared celular, discontinuidad en la formación del ATP que provoca daños celulares. Los aceites esenciales causan alteraciones en la membrana plasmática y desequilibrio en la estructura de la mitocondria, también interfieren con reacciones de la membrana

mitocondrial. (Gómez López, Martínez Bolaños, Ortiz Gil, Martínez Bolaños, Avendaño Arrazate, & Hernández Meneses, 2020)

2.9.3. Extractos Etanólicos

En el reino vegetal se producen varios compuestos secundarios que contienen en un anillo aromático un grupo hidroxilo, lo que les concede una estructura fenólica, en su biosíntesis existen 2 rutas; la ruta del acetato y la ruta del ácido shikímico, el primero forma cadenas policíclicas, que forman compuestos policíclicos aromáticos mediante ciclación, el segundo está relacionado con la formación de una serie de ácidos benzoicos aminados e hidroxilados. (Carrión Jara & García Gómez, 2010)

Cuadro 7. Compuestos Fenólicos de importancia agrícola

Compuestos fenólicos más importantes	
FENOLES SIMPLES	Poco frecuentes, presentes en forma de heterósidos
ÁCIDOS FENÓLICOS	Libres o unidos a azúcares,
TANINOS	Amplio grupo de compuestos hidrosolubles con estructura polifenólica.
CUMARINAS	derivados de la benzo- α -pirona
LIGNANOS	Poseen una estructura constituida por dos unidades de fenilpropano.
QUINONAS	compuestos aromáticos con dos grupos cetona
FLAVONOIDES	Constituyen un grupo amplio de fenoles naturales, se encuentran tanto como agliconas libres o en forma de heterósidos.

Fuente: (Carrión Jara & García Gómez, 2010)

2.10. Ajo. (*Allium sativum*)

2.10.1. Origen

El origen del ajo se remonta muchos años atrás A.C. donde muchas personas lo utilizaban por sus efectos positivos, en 1911 se encontraron figuras de barro con similitudes a las características del ajo, fueron encontradas en la tumba de Mahasna-Egipto, se conocía que a los faraones se los enterraba con tesoros y tributos, al encontrar esta pieza se puede considerar que era un alimento de gran importancia por sus efectos curativos. Su origen se considera el sudoeste de Siberia, donde se extendió al sur de Europa y logró adaptarse a las condiciones ambientales. Desde su origen este cultivo ha

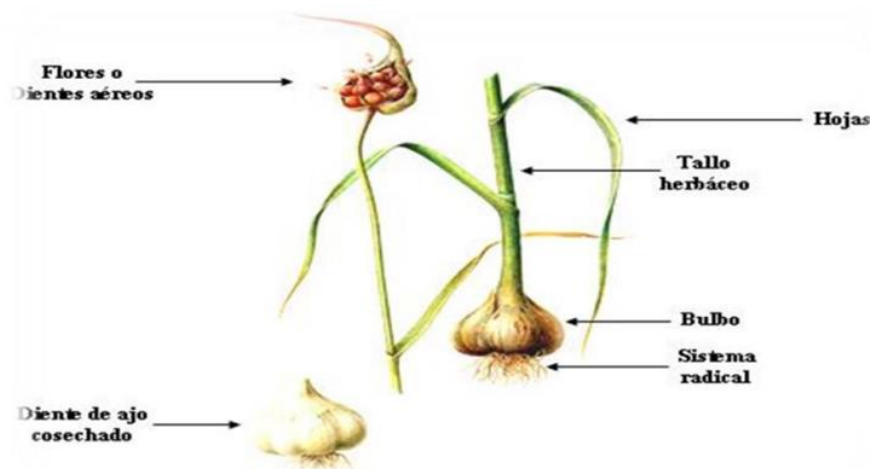
logrado adaptarse de forma exitosa a diferentes tipos de suelos y climas, logrando diversas variedades. (Ramírez Concepción, Castro Velasco, & Martínez Santiago, 2016)

2.10.2. Descripción botánica

El ajo es un bulbo que pertenece a la familia Amaryllidaceae y está caracterizado por poseer una raíz bulbosa conformada por seis a doce bulbillos, que se reúnen en la base mediante una película delgada para formar la “cabeza del ajo”, este género está compuesto por más de 300 especies de plantas. El tallo de este cultivo es pequeño de unos 3 centímetros de diámetro y 5 mm de altura, tiene forma de plato donde nacen las raíces y las hojas.

Las hojas se forman por una vaina y un limbo aplanado, largo, fistuloso y estrecho con una nervadura central bien desarrollada y en forma de punta al final, sus vainas presentan forma cilíndrica y constituyen el pseudotallo o falso tallo que es la característica de esta planta, sus hojas pueden llegar a medir hasta 50 centímetros de largo y 3 centímetros de ancho, sus vainas no acumulan nutrientes y al morir se encargan de proteger el bulbo. Este bulbo está formado por varios bulbillos, conocidos como dientes y reciben el nombre de hojas fértiles y desde la quinta hoja se las conoce como hojas infértiles. Los dientes que se forman en las axilas de hojas fértiles son desiguales, los dientes más grandes se desarrollan en las hojas fértiles y su peso va disminuyendo lentamente, la cantidad de dientes es diferente para cada variedad. (Ramírez Concepción, Castro Velasco, & Martínez Santiago, 2016)

Figura 17. Descripción botánica del ajo



Fuente: (Ramírez Concepción, Castro Velasco, & Martínez Santiago, 2016)

2.10.3. TAXONOMIA

Taxonómicamente el ajo está descrito de la siguiente manera

Cuadro 8. Taxonomía del ajo

- Reino	Plantae
- División	Magnoliophyta
- Clase	Liliopsida.
- Orden	Asparagales
- Familia	Amaryllidaceae
- Subfamilia	Allioideae
- Tribu	Allieae
- Género	Allium
- Especie	Allium Sativum

2.10.4. Efecto antifúngico del ajo

La actividad antifúngica del ajo fue reconocida desde el siglo pasado, varios investigadores observaron que extractos de ajos detenían el crecimiento de varios tipos de hongos, actualmente se conocen alrededor de 100 compuestos activos obtenidos de esta planta que se concentran especialmente en el bulbo, el extracto de ajo contiene alicina y está formada por una sustancia sulfurada, inodora llamada aliína, a este compuesto le han sido atribuidos efecto antimicrobianos. Se han probado extractos etanólicos, acuosos y por arrastre de vapor de ajo contra el hongo *Fusarium oxysporum*, siendo el extracto acuoso el que dio mejores resultados disminuyendo alrededor del 95 % la actividad fúngica del patógeno, el efecto se asocia a que esta sustancia reduce la absorción del oxígeno, disminuye el crecimiento, afecta las membranas e interfiere en la síntesis de lípidos, ácidos nucleicos y proteínas. (Garzon Vallejo, 2018)

2.10.5. Metabolitos secundarios del ajo

Los metabolitos secundarios presentes en el ajo son compuestos azufrados y oxigenados, siendo los más conocidos los azufrados, cuando los bulbos se almacenan a bajas temperaturas, la aliína se acumula de forma natural, conteniendo en promedio hasta 0,9% de γ -glutamilsteína y hasta 1,8% aliina, además de estos compuestos azufrados, también contienen una mínima cantidad de S-alil-cisteína (SAC).

El S-alil-cisteína se forma del catabolismo de g-glutamil cisteína y está reconocido como el responsable de la mayoría de los beneficios, al momento de procesar el ajo sea triturándolo o deshidratándolo y luego es sometido al agua, la enzima vacuolar aliinasa actúa de forma acelerada sobre la aliina y produce alicina de olor muy fuerte. (Suárez Cunza, Castro Luna, & Ale Borja, 2014)

2.10.6. Composición química

En la composición química del ajo se encuentran el agua y varios carbohidratos como la fructosa, además de compuestos azufrados, fibra y aminoácidos libres (Cuadro 7)

Cuadro 9. Composición química del ajo

Análisis proximal	Cantidad
Agua	58,58 g
Energía	149 kcal
Proteína	6,36 g
Lípidos totales	0,5 g
Carbohidratos	33,06 g
Fibra dietética	2,1 g
Azúcares totales	1 g

En el contenido de vitaminas se observa un alto nivel de vitamina C y de vitamina A y niveles inferiores de vitaminas del complejo B (Cuadro 8), además posee un elevado contenido de polifenoles, fitoesteroles y compuestos fenólicos

Cuadro 10. Contenido de vitaminas del ajo

Vitaminas	Cantidad
Vitamina C	31,2 mg
Riboflavina	0,11 mg
Tiamina	0,2 mg
Niacina	0,7 mg
Folato	3 µg
Vitamina B6	1,235 mg
Vitamina E	0,08 mg
Vitamina K	1,7 µg
Vitamina A	9 UI

Los minerales que mayores niveles se encuentran son el potasio, el fósforo, el magnesio, el sodio, el hierro y el calcio, y en menor proporción se encuentran el selenio

y el germanio (Cuadro 9), la concentración dependerá del lugar donde sean sembrados los bulbos

Cuadro 11. Contenido de minerales del ajo

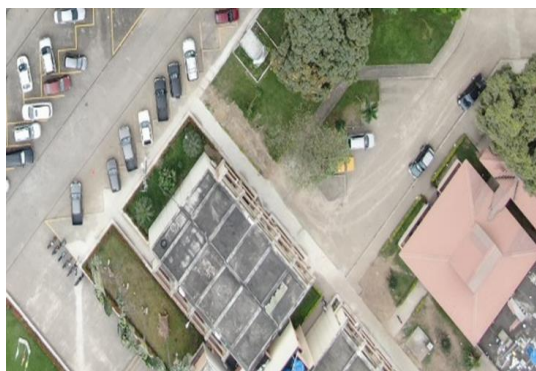
Mineral	Cantidad
Calcio	181 mg
Magnesio	25 mg
Hierro	1,7 mg
Potasio	401 mg
Fósforo	153 mg
Zinc	1,16 mg
Sodio	17 mg

También se han encontrado hormonas que intervienen de forma parecida a las hormonas sexuales, además de otros compuestos como fermentos, ácido hidrorodánico y yodo. Igualmente se ha logrado aislar hasta 17 aminoácidos entre los que se pueden encontrar: ácido aspártico, asparagina, alanina, arginina, histidina, metionina, fenilalanina, leucina, serina, treonina, prolina, triptófano y valina. (Ramírez Concepción, Castro Velasco, & Martínez Santiago, 2016)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación o localización del ensayo

El siguiente trabajo de titulación para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo fue realizado en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y el material vegetal (*M. roleri*) se lo obtuvo de la colección clonal de cacao de la granja Santa Inés perteneciente a la UTMACH que se encuentra localizado Av. Panamericana Km. 5¹/₂ vía a Pasaje.



3.2. Materiales y Equipos

Equipos

- ✓ Autoclave
- ✓ Balanza
- ✓ Cámara de flujo laminar
- ✓ Estufa
- ✓ Licuadora
- ✓ Microscopio
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Microondas

Materiales

- ✓ Algodón
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Botellas de vidrio para medios de cultivo
- ✓ Cajas Petri
- ✓ Jeringuillas 10 cc, 5 cc y 1 cc
- ✓ Mechero

- ✓ Pipeta
- ✓ Alcohol 96%
- ✓ Papa Dextrosa Agar (PDA)
- ✓ Agua destilada
- ✓ Cloranfenicol
- ✓ Fundas Plásticas Polypack
- ✓ Papel Aluminio
- ✓ Regla milimetrada
- ✓ Lupa
- ✓ Sacabocado
- ✓ Pinzas
- ✓ Agujas
- ✓ Parafilm

Material vegetal

- ✓ Ajo (*Allium sativum*)

3.3. Metodología.

3.3.1. Recolección de agente causal

- Para la recolección del hongo (*M. roreri*), nos dirigimos al jardín clonal de cacao (*T. cacao*), donde procedimos a seleccionar mazorcas infestadas con el hongo, pero a su vez que no se encuentre en estado de descomposición.
- Se procedió a seleccionar material patógeno joven

3.3.2. Purificación de colonias:

- Crecidas las colonias de interés, se realizaron las purificaciones, para lo cual se extrajo un disco de la colonia deseada con ayuda de un sacabocado y con una aguja de disección se sembró en una placa de Petri con medio PDA
- El disco se colocó en el centro de la placa y luego se procedió a flamear y sellar los bordes de la cápsula. A los cuatro o cinco días se realizaron observaciones para verificar el desarrollo del hongo.

3.3.3. Preparación de medio de cultivo

- Para la preparación del medio de cultivo se empleo PDA (Papa-Dextrosa-Agar) que es el medio mas utilizado en el aislamiento de microorganismos.
- La relación para elaborar el medio de cultivo fue de 40 gr de PDA en 1000 ml de agua destilada
- En una balanza analitica se peso 42,8 gr de PDA, para elaborar 1070 ml de medio de cultivo
- Luego en 2 vasos de precipitación con capacidad de 600 ml se coloco 300 ml de agua destilada y 21,4 gr de PDA y se revolvió homogeneamente con una cuchareta, para posteriormente colocarlos en el microondas por alrededor de 5 min.
- Cuando este producto tuvo una consistencia blanda, de color caramelo y homogenea se procedio a colocarle un antibiotico para evitar el crecimiento bacteriano, el antibiotico utilizado fue Cloranfenicol en relación 1mg de Cloranfenicol por cada 10 ml de medio de cultivo.
- Luego se procedio a aforar los vasos de precipitación a un volumen ya establecido de 535 ml cada uno y volver a colocar en el microondas por 3 min.

3.3.4. Esterilización del medio de cultivo

- Se procedio a colocar el medio de cultivo en botellas de vidrio y tapadas con papel aluminio.
- La esterilización consistio en colocar las botellas de vidrio con el medio de cultivo en el autoclave por 20 min.
- Se desconecto el autoclave y se dejo enfriar hasta el día siguiente.

3.3.5. Elaboración de extracto etanólico de ajo

- Primeramente se recolectaron ajos frescos, luego seleccionamos los que no presentaban daños
- Se procedió a lavar bien los ajos con una solución de hipoclorito de sodio al 2 % por 20 min, para evitar la presencia de algún microorganismo extraño
- Luego con la ayuda del mortero logramos obtener un producto homoganeo y de consistencia blanda

- El extracto etanólico tuvo una relación de (1:2,5), es decir, por cada gramo de extracto de ajo se colocó 2,5 ml de alcohol al 96%
- Este extracto se dejó macerar por 48 horas para que los compuestos antifungicos del ajo puedan mezclarse con el alcohol.

3.3.6. Plaqueo

- El plaqueo se lo realizó en la cámara de flujo laminar, para evitar la contaminación ambiental.
- En vasos de precipitación de 100 ml se colocó diferentes concentraciones de extracto etanólico.

	PDA	Extracto etanólico de ajo
Testigo	100 ml	0 ml
T1	99 ml	1 ml
T2	98 ml	2 ml
T3	97 ml	3 ml
T4	96 ml	4 ml
T5	95 ml	5 ml

- También se colocó testigos con alcohol, para observar la incidencia del alcohol en el control del hongo

	PDA	Alcohol 96%
T1 Alc	99 ml	1 ml
T2 Alc	98 ml	2 ml
T3 Alc	97 ml	3 ml
T4 Alc	96 ml	4 ml
T5 Alc	95 ml	5 ml

- Después se procedió a agitar los vasos de precipitación con una espátula pequeña para lograr una mezcla homogénea
- Luego de esto se colocó 25 ml de esta solución en cada caja petri, y se dejó enfriar por alrededor de 1 hora para que el medio de cultivo se solidifique

3.3.7. Siembra del hongo

- Se escogieron las cepas mas jóvenes del hongo purificado anteriormente
- Con un sacabocado se procedió a obtener los discos de micelio evitando dejar por mucho tiempo abiertas las cajas petri
- Con la ayuda de una aguja se colocaron los discos en el centro de las cajas petri y se sellaron rápidamente con parafilm.

3.3.8. Lectura del crecimiento micelial

- Las lecturas se las realizó 2 veces por semana
- El metodo utilizado fue realizado de forma manual, con la ayuda de un marcador fino se realizó una cruz en la parte anversa de las cajas petri, dividiendola en cuatro cuadrantes A, B, C, D
- Para la lectura se utilizó una regla milimétrica, la cual se media desde el centro a la punta de cada cuadrante.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

DCA

Se basa en principios de aleatorización y repetición, este diseño se utiliza en la no existencia de la necesidad de realizar un control local, ya que sus condiciones son homogéneas, las unidades experimentales se distribuyen de forma aleatoria completa sin ninguna restricción de las unidades experimentales (Camani Champi, 2017)

Prueba de Kruskal Wallis.

Este análisis es una alternativa no paramétrica que se realiza al test de ANOVA para datos no pareados, que emplea rangos para comparar la hipótesis de las muestras obtenidas de una misma población. (McKight & Najab, 2010).

Se realizó la prueba no paramétrica (Prueba de Kruskal Wallis) porque los datos de la última evaluación no cumplen los supuestos de normalidad (Prueba Shapiro Wilks) y Homoscedasticidad (Prueba Levene).

Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se requieren los supuestos de normalidad de errores, homogeneidad de varianza, aditividad de efecto e independencia de errores, esta comprobación es necesaria para la validación del análisis. Esta verificación se realiza a través de predictores de error aleatorio que son residuos aleatorios, relacionado en cada observación. (Herrera Villafranca, Guerra Bustillos, Sarduy García, García Hernández, & Enrique Martínez, 2012)

3.5.VARIABLES DE ESTUDIO

La variable a evaluar en esta investigación fue el crecimiento radial del micelio frente a la aplicación de diferentes dosis de extractos etanólicos de ajo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DCA – ANOVA PARAMÉTRICO

Cuadro 12. Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	39.87	9	4.43	59.10	<0.0001
TRATAMIENTOS	39.87	9	4.43	59.10	<0.0001
Error	2.25	30	0.07		
Total	42.11	39			

De acuerdo al cuadro 12, en el ANOVA se observa un valor de significancia de <0.0001 entre los tratamientos, donde se admite la hipótesis alternativa (<0,05), que menciona que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Test : Tukey

Error: 0.0749 gl: 30

TRATAMIENTOS	Medias	n						
T9	4.4E-16	4	A					
T1	1.41	4		B				
T7	1.87	4		B	C			
T8	2.34	4			C	D		
T10	2.63	4				D		
T2	2.72	4				D	E	
T6	2.81	4				D	E	
T5	3.00	4				D	E	F
T3	3.36	4					E	F
T4	3.56	4						F

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Cuadro 14. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
RDUO MICELIO	40	-3.9E-170.24		0.97	0.6540

Cuadro 15. Prueba de LEVENE

Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0.43	9	0.05	1.90	0.0907
TRATAMIENTOS	0.43	9	0.05	1.90	0.0907
Error	0.75	30	0.03		
Total	1.18	39			

Como se observa en los cuadros (14 y 15), los datos obtenidos en este ensayo cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo tanto se procede a realizar un análisis de varianza no paramétrico.

DCA – ANOVA NO PARAMÉTRICO

Cuadro 16. Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAMIENTOS	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
MICELIO	T1	1	4	0.90	0.20	0.90	34.99	0.0001
MICELIO	T10	2	4	2.04	0.12	2.05		
MICELIO	T2	3	4	2.18	0.08	2.17		
MICELIO	T3	4	4	2.90	0.47	3.09		
MICELIO	T4	5	4	2.83	0.06	2.81		
MICELIO	T5	6	4	2.48	0.05	2.49		
MICELIO	T6	7	4	2.21	0.35	2.26		
MICELIO	T7	8	4	1.44	0.07	1.41		
MICELIO	T8	9	4	1.68	0.38	1.57		
MICELIO	T9	10	4	0.00	0.00	0.00		

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias ($p \leq 0.05$)

Trat.	Ranks						
T9	2.50	A					
T1	6.50	A	B				
T7	11.75	A	B	C			
T8	15.75	A	B	C	D		
T10	19.13		B	C	D	E	
T2	22.63		B	C	D	E	F
T6	25.38			C	D	E	F
T5	30.50				D	E	F
T3	35.38						F
T4	35.50						F

Como se puede observar en los cuadros 16 y 17, los resultados demuestran que el extracto etanólico de ajo al 2 % (T1) tiene efectos antifúngicos sobre el crecimiento micelial de *M. royeri*, y es estadísticamente diferente al resto de extractos etanólicos de ajo. El efecto observado es similar al reportado por Chávez, A. R., & Jara, A. S. A. (2014), en el cual, el extracto de ajo inhibió el crecimiento micelial de tres hongos; así como la esporulación de *Fusarium* sp. y la producción de esclerocios de *Sclerotium* sp.

Se observa que el tratamiento 1, extracto etanólico de ajo al 2%, es estadísticamente diferente al tratamiento 6 que contiene alcohol al 2%, lo que nos indica que la inhibición del crecimiento micelial del hongo se debe a los metabolitos secundarios del extracto de ajo.

El tratamiento con mayor inhibición de crecimiento micelial fue el tratamiento T9, alcohol al 5%, lo que nos indica que el alcohol a mayores dosis si interfiere sobre el crecimiento del hongo fitopatógico.

5. CONCLUSIONES

En condiciones controladas de laboratorio, el tratamiento 1 (extracto etanólico de ajo al 2%) presentó mejores resultados en la inhibición del crecimiento radial de *M. roleri*.

Los tratamientos 2,3,4,5,6 no presentaron actividad antifúngica sobre *M. roleri*, en condiciones *in vitro*.

El tratamiento 9 (testigo más alcohol 5%), demuestra que el alcohol a mayores dosis si interfiere sobre el crecimiento micelial del hongo fitopatógeno.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda trabajar sobre los tiempos de maceración de los extractos de ajo a 24, 48, 72 horas, ya que en este ensayo se trabajó con un tiempo de maceración de 1 semana.

Se recomienda probar el extracto etanólico de ajo a nivel de campo para afinar dosis.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión*, 7, 59-83.
- Aguirre Cobos, G. X. (2019). *Caracterización molecular de Moniliophthora roreri causante de la vaina helada (moniliasis) en el cacao en tres provincias del Ecuador: Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas*. Quito, Pichincha, Ecuador: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- ANECACAO. (2019). Sector Exportador de Cacao. *REVISTA INSTITUCIONAL ANECACAO*, 21.
- ANECACAO. (2020). *REVISTA INSTITUCIONAL ANECACAO*.
- Anzules Toala, V., Borjas Ventura, R., Alvarado Huamán, L., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511-520.
- Arellano Escudero, B. (2020). *Compatibilidad del cacao nacional centenario Theobroma cacao L en la estación experimental litoral sur del INIAP*. Guayaquil: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. *Serie Fisiología Vegetal.*, 2(3), 119 - 145.
- Barrezueta-Unda, S., Prado Carpio, E., & Jimbo Sarmiento, R. (Junio de 2017). Características Del Comercio De Cacao A Nivel Intermediario En La Provincia De El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(16), 273 - 282.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- Camani Champi, B. C. (2017). *DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR*. Moquegua: UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI.
- Carrera Sánchez, K. M. (2016). *Caracterización de Moniliophthora roreri Evans et al. y evaluación de alternativas de control biológico en cacao, para la Amazonía ecuatoriana*. Santa Clara, Cuba: UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS.
- Carrión Jara, A. V., & García Gómez, C. R. (2010). *"PREPARACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES: DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE METÓDICA"*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Cedeño Lopez, L. I., & Fuentes Zambrano, C. J. (2017). *Influencia de la actividad productiva de la colección de cacao en la calidad del suelo de la ESPAM MF*. Calceta.
- Cedeño Mesías, P. A. (2019). *Principales tipos de mercados para la comercialización del cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Vinces*. Babahoyo: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.

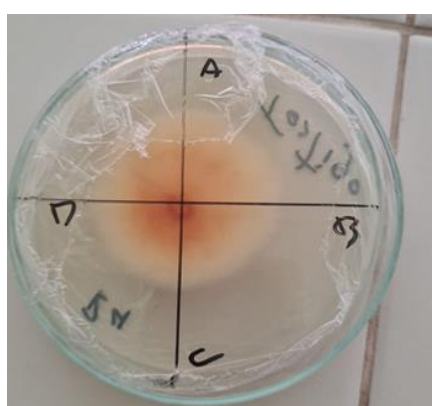
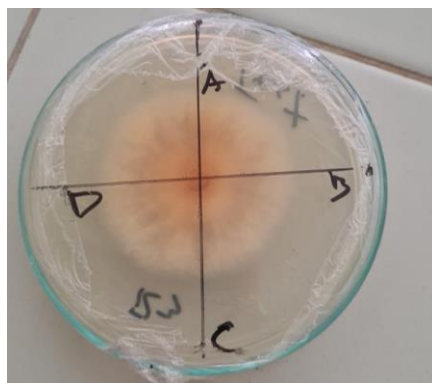
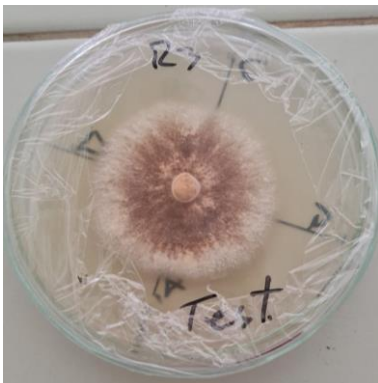
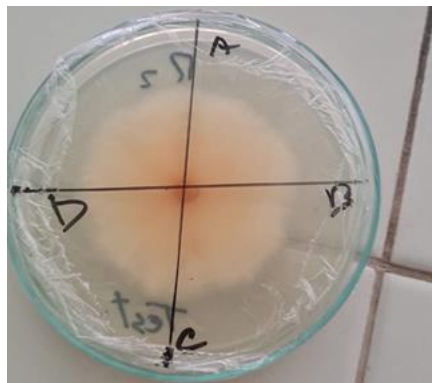
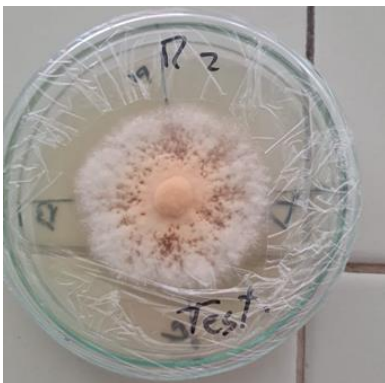
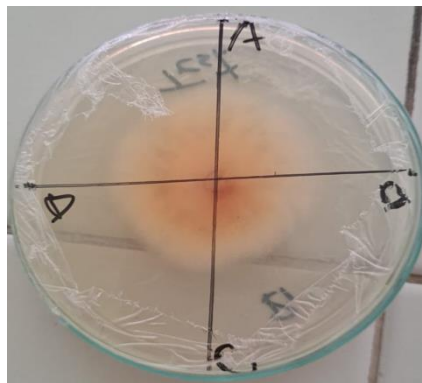
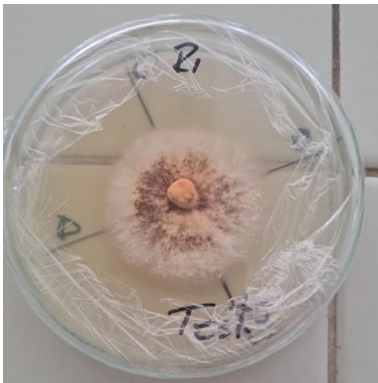
- Copa Copa, B. A. (2017). *Caracterización morfológica de árboles de cacao (Theobroma cacao L.) con potencial productivo y tolerancia a monilia (Moniliophthora roreri Cif & Par. Evans et al.) en el área IIb y VI, de la región Alto Beni Bolivia*. Tesis Doctoral.
- Correa Alvarez, J., Castro Martínez, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronomica*, 63, 388-399.
- Defaz Quilumba, C. L. (2016). *Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (Theobroma cacao)*. Quevedo: Bachelor's thesis UTEQ.
- Durá Esteve, S. (2016). *Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcalinización*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. *Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña*, 4-10.
- García García, L. A. (2020). *Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (Theobroma cacao L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador*. Babahoyo.
- Garzon Vallejo, J. F. (2018). *USO DEL AJO Y/O SUS COMPUESTOS ACTIVOS COMO AGENTE ANTIMICROBIANO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS*. Facatativa: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD.
- Ginatta, G., Vignati, F., & Rodríguez, M. (2019). OBSERVATORIO DEL CACAO FINO Y DE AROMA PARA AMERICA LATINA. *Iniciativa Latinoamericana del Cacao*.
- Gómez López, A., Martínez Bolaños, L., Ortiz Gil, G., Martínez Bolaños, M., Avendaño Arrazate, C. H., & Hernández Meneses, E. (2020). Bioaceites esenciales inhiben a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., causante de la moniliasis en el cultivo del cacao. *ACTA AGRÍCOLA Y PECUARIA*, 6.
- González Lopez, G. C. (2018). *ALTERNATIVAS ORGÁNICAS PARA EL CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPHTHORA RORERI, CIF Y PAR) EN EL CULTIVO DE CACAO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Gutierrez Foronda, C. C. (2017). *Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos de paico (chenopodium ambrosioides), khoa (clinopodium bolivianum) y ruda (ruta graveolens) frente a moniliophthora spp aislada a partir de muestras de cacao con moniliasis, La Paz-Bolivia, 20*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.
- Gutierrez Navarro, B. M., & Muñoz Collantes, L. H. (2017). *Reservas de carbono en la biomasa aérea de tres plantaciones de diferentes edades de Theobroma cacao L. en el centro de investigación Kapitari–Manacamiri, Perú 2016*. Iquitos.
- Herrera Villafranca, M., Guerra Bustillos, C., Sarduy García, L., García Hernández, Y., & Enrique Martínez, C. (2012). Diferentes métodos estadísticos para el análisis de variables discretas. Una aplicación en las ciencias agrícolas y técnicas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 58-62.
- Martinetti Macias, N., & Chóez Ortega, M. (2015). Importancia de la traducción e interpretación de idiomas para las empresas exportadoras de cacao. *Retos*, 9(1), 88 - 97.

- McKight, P., & Najab, J. (2010). Prueba de Kruskal - wallis. *La enciclopedia de psicología corsini*, 1-1.
- Melo Cely, L. C. (2016). *Implementación de escuelas de campo para el cultivo de cacao (theobroma cacao l.) a productores del municipio de cubarral (meta)*. Fusagasugá,: Doctoral dissertation.
- Molina Moret, S. L., & Sosa, D. (2017). *Contribución al estudio de hongos y cromistas asociados al sistema agroforestal del cacao en Venezuela*. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Morales Cán, L. I. (2020). Fermentación asistida de cacao (*Theobroma cacao*) y participación de Zamorano en la investigación e innovación de derivados de este cultivo: Revisión literaria. *Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana*.
- Palma Vivas, J. R., & Olivas Arauz, R. A. (2015). *Manejo integrado de Moniliasis (Moniliophthora roreri) en cacao (Theobroma cacao) y su impacto en el rendimiento, Cooperativa Flor de Pancasán 2014-2015*. Matagalpa: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Pérez Vicente, L. (2018). *Moniliophthora roreri* HC Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(1).
- Quintana Fuentes, L. F., García Jerez, A., & Moreno Martínez, E. (Julio - Diciembre de 2018). Perfil sensorial de cuatro modelos de siembra de cacao en Colombia. *Entramado*, 14(2), 256-268.
- Quintana Lobeida, M. D., & Aguilar Herrera, J. V. (2018). Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿un aporte de marketing? *INNOVA Research Journal*, 3(10.1), 68 - 76.
- Quintero R., M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Revista Agroalimentaria*, 9(18), 00-00.
- Ramírez Concepción, H. R., Castro Velasco, L. N., & Martínez Santiago, E. (2016). Efectos Terapéuticos del Ajo (*Allium Sativum*). *Revista Salud y Administración*, 3(8), 39 - 47.
- Rioja Soto, T. C. (2020). Los metabolitos secundarios de las plantas y potencial uso en el manejo de plagas agrícolas en agroecosistemas desérticos. *Idesia (Arica)*, 38(1), 3-5.
- Rodríguez Maturino, A., Troncoso Rojas, R., Sánchez Estrada, A., González Mendoza, D., Ruiz Sanchez, E., Zamora Bustillos, R., y otros. (2015). Efecto antifúngico de extractos fenólicos y de carotenoides de chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en *Alternaria alternata* y *Fusarium oxysporum*. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(1), 72 - 77.
- Romero Cardenas, E., Fernández Ronquillo, M., Macías Onofre, J., & Zúñiga Gurumendi, K. (Enero - Abril de 2016). Producción y comercialización del cacao y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del cantón Milagro. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(17), 56 - 64.
- Romero Meza, R. F. (2018). *"Biodiversidad de ecotipos de Moniliophthora roreri en cacao (Theobroma cacao) clon ccn-51 y la actividad antagonista de PGPR"*. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.

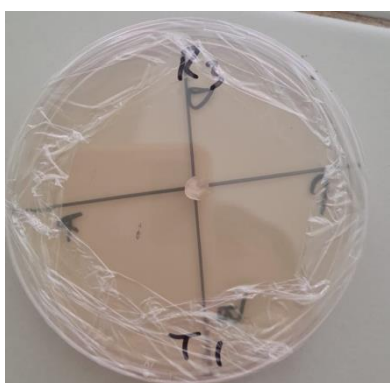
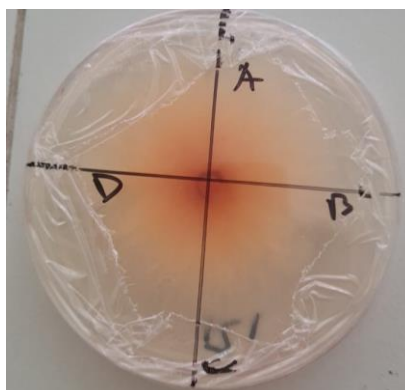
- Rondón, J. B., & Cumana Campos, L. J. (2005). Revisión Taxonómica del género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 28(1), 113-134.
- Sánchez Cuevas, M. C., Jaramillo Aguilar, E. E., & Ramírez Morales, I. E. (2015). *Enfermedades del cacao*. Machala: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA.
- Suárez Cunza, S., Castro Luna, A., & Ale Borja, N. (2014). Actividad antioxidante in vitro de un extracto acuoso de *Allium Sativum* variedad Hualalino . *Revista de la Sociedad Química del Perú*.
- Tarqui Freire, O. M., Sotomayor Cantos, I. A., Casanova Mendoza, T., Rodríguez Zamora, G. A., Plaza Avellán, L. F., & Zambrano Flores, F. G. (2017). Selección de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) con resistencia a escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 10(1), 17-26.
- Tirado-Gallego, P. A., Lopera-Álvarez, A., & Ríos-Osorio, L. A. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430.
- Torres De la Cruz, M., Quevedo Damián, I., Ortiz García, C. F., Lagúnez Espinoza, L. d., Nieto Angel, D., & Pérez De la Cruz, M. (30 de Octubre de 2019). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XXI(2), 55 - 61.
- Ugarte Paucar, K. K. (2020). *USO DE CINCO EXTRACTOS BOTÁNICOS EN EL CONTROL DE MONILIASIS (MONILIOPTHORA RORERI, CIF Y PAR) EN EL CULTIVO DE CACAO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Villavicencio, M., & Jiménez, M. (2010). Caracterización morfológica, fisiológica y patogénica de *moniliophthora roreri* aislados de cinco provincias de la costa ecuatoriana. *Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador*.
- Zambrano Cruz, J. C. (2017). *Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (theobroma cacao l.): forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfológicos y secuencias nucleotídicas de la región ITS; y su posible uso en la identificación de clones*. Quevedo.

8. ANEXOS

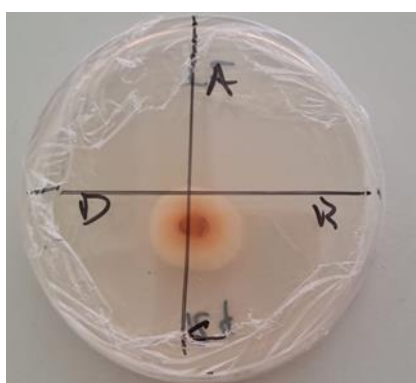
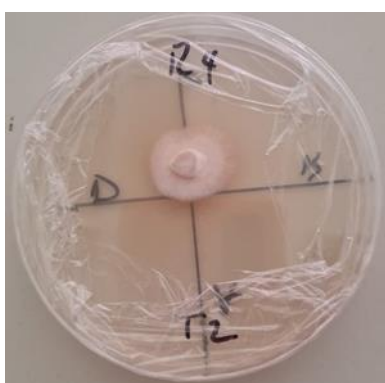
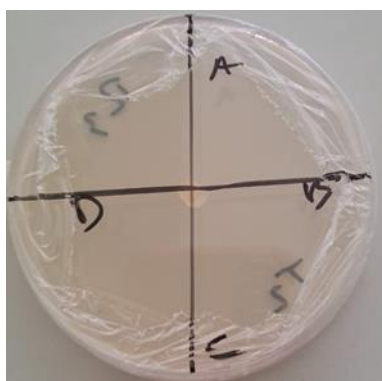
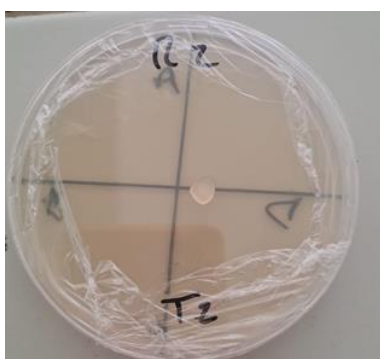
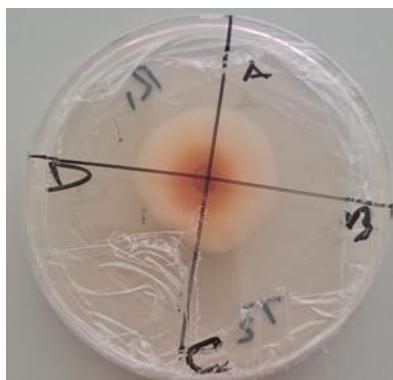
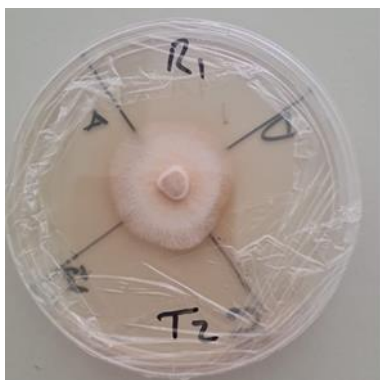
Anexo 1. Evaluación del crecimiento micelial y radial del hongo (testigo a 8 días)



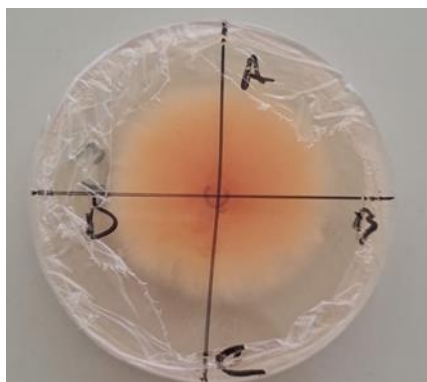
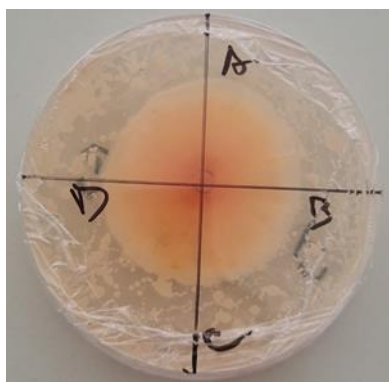
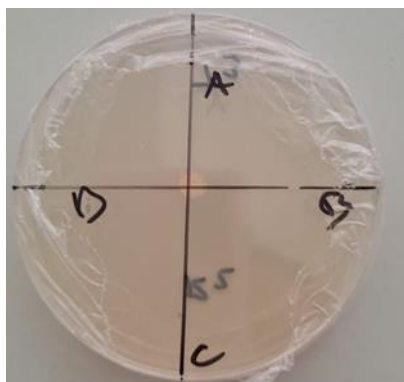
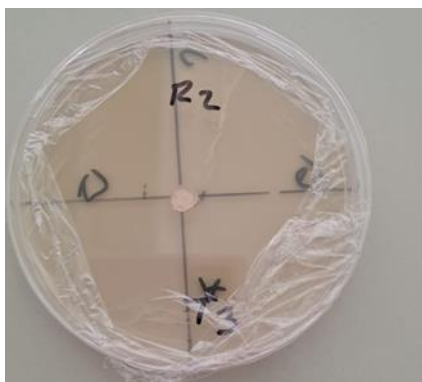
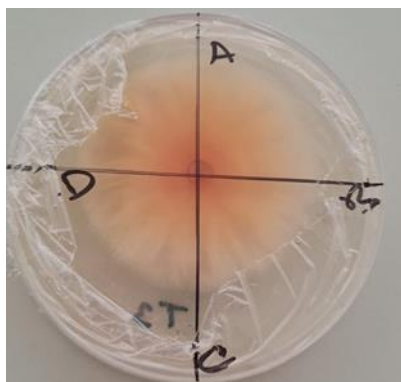
Anexo 2. Tratamiento 1, a 4 días de siembra



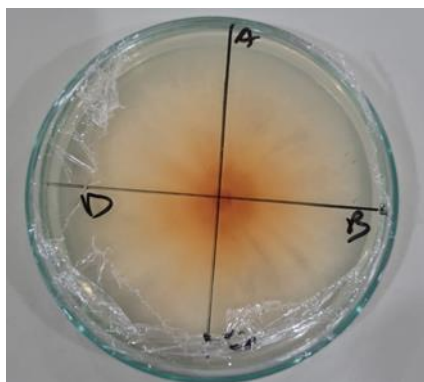
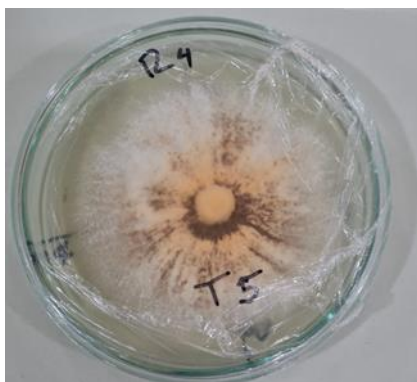
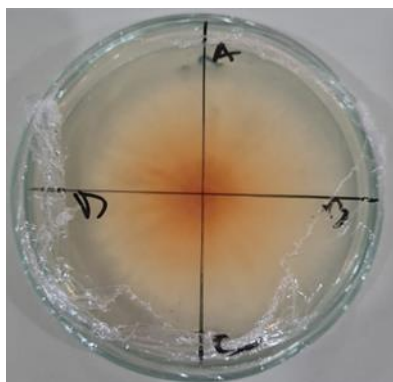
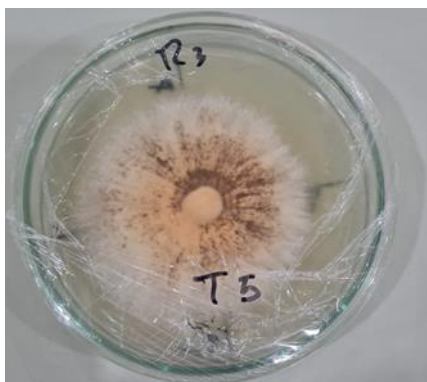
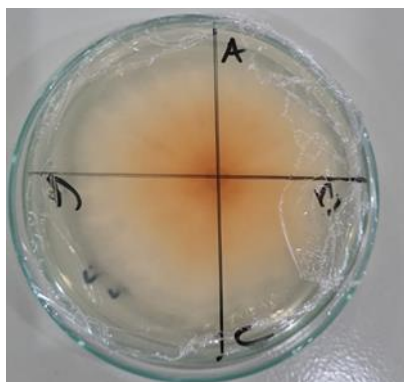
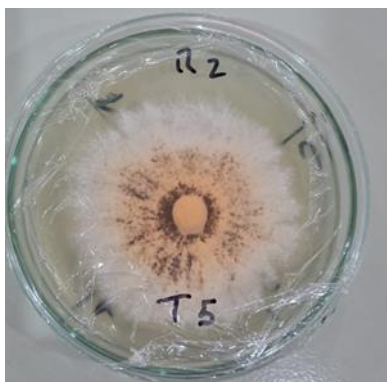
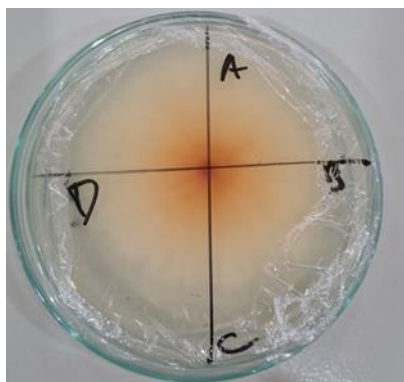
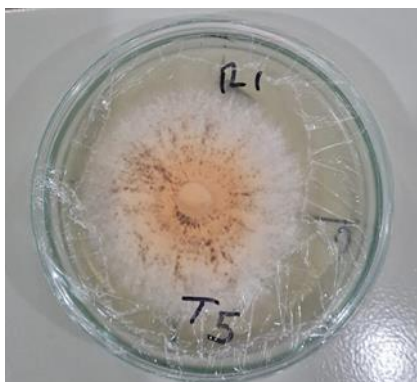
Anexo 3. Tratamiento 2, a 8 días de la siembra



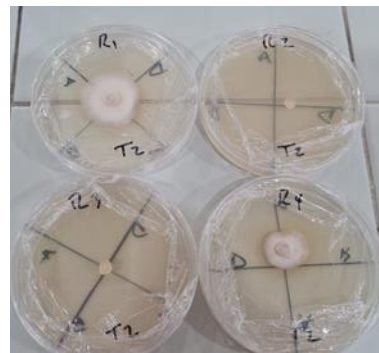
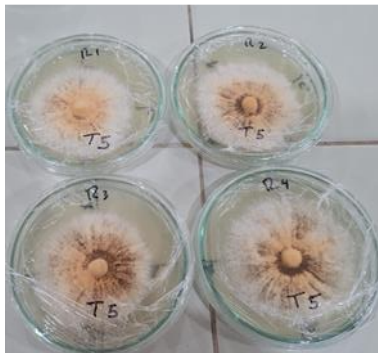
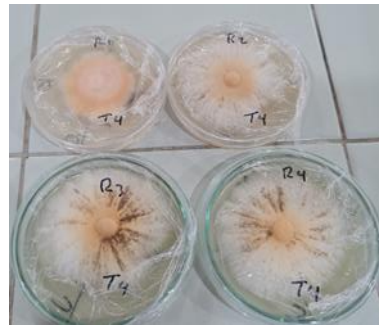
Anexo 4. Tratamiento 3, a 12 días de la siembra



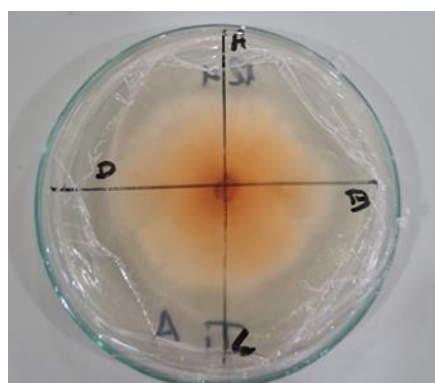
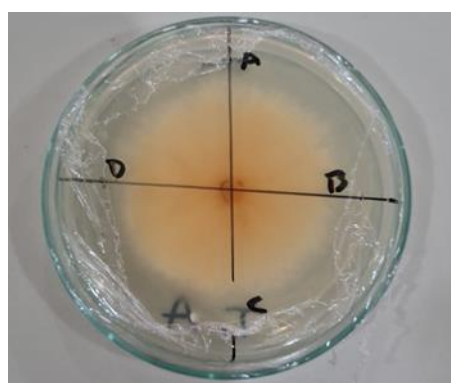
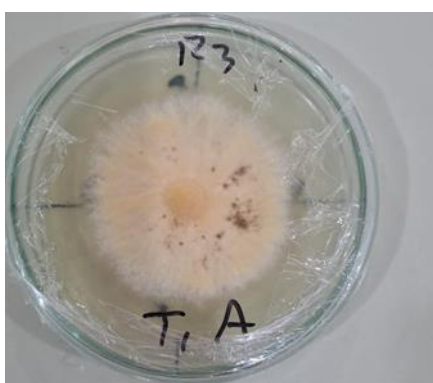
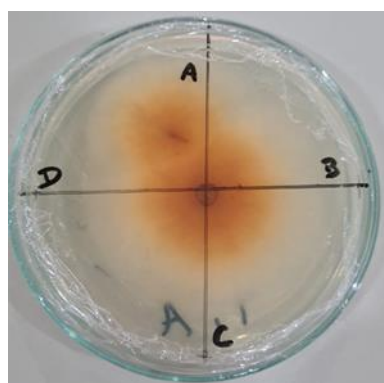
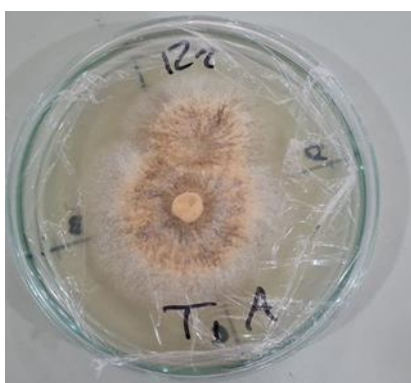
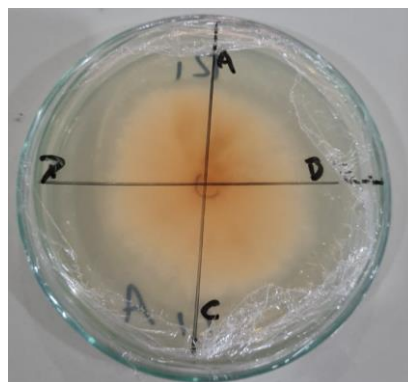
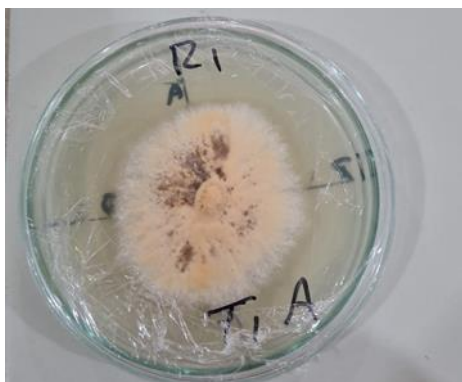
Anexo 5. Tratamiento 5, evaluado a 14 días



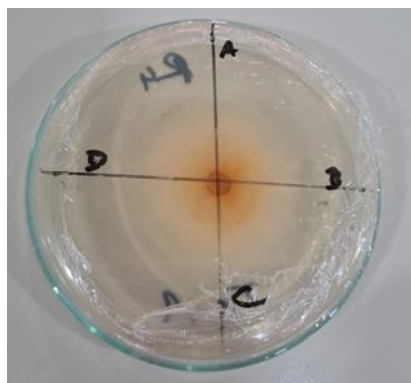
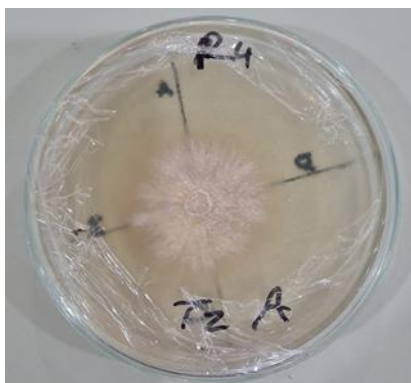
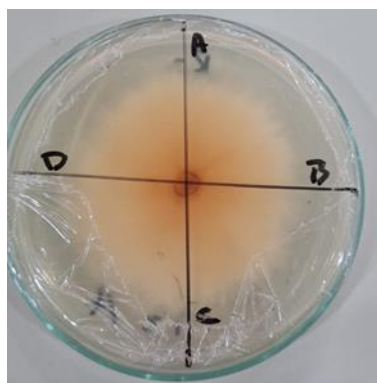
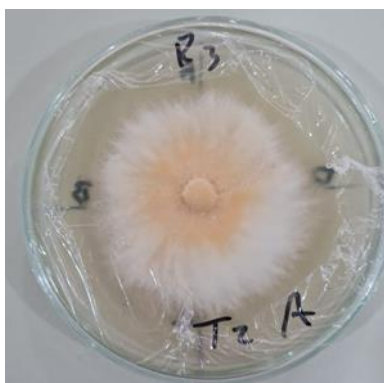
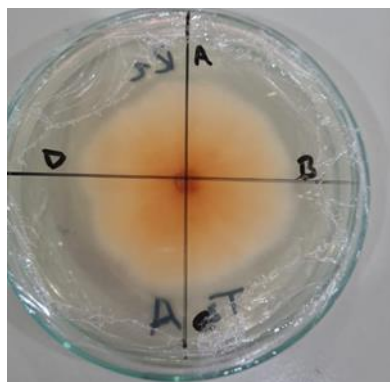
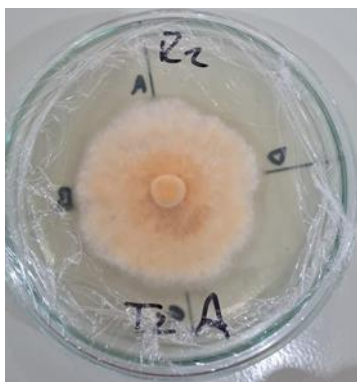
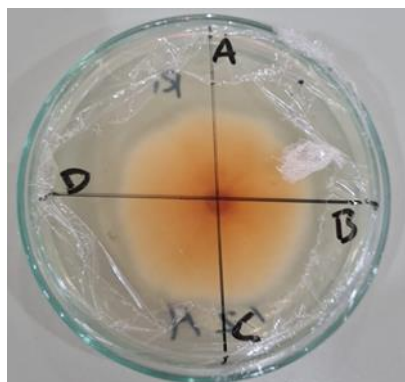
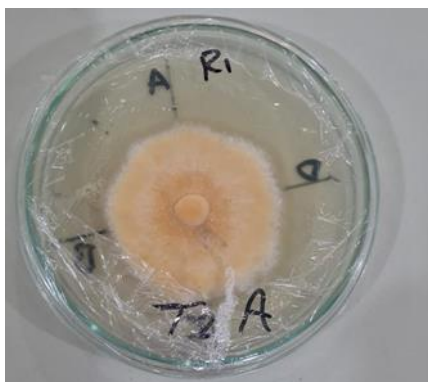
Anexo 6. Crecimiento micelial a 10 días



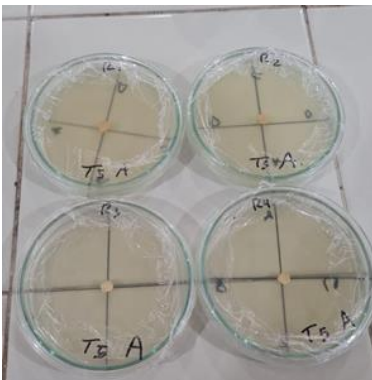
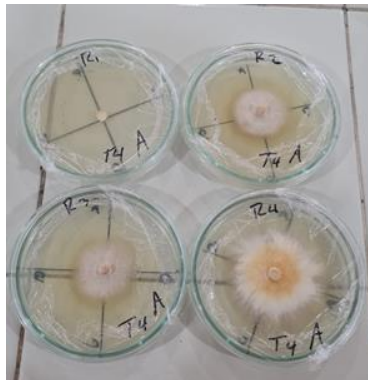
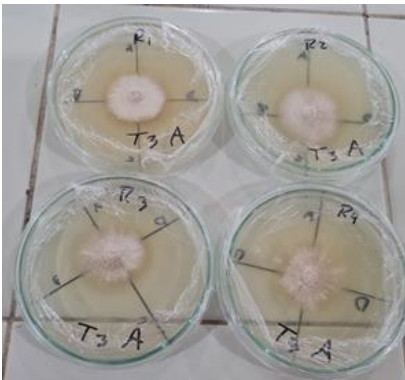
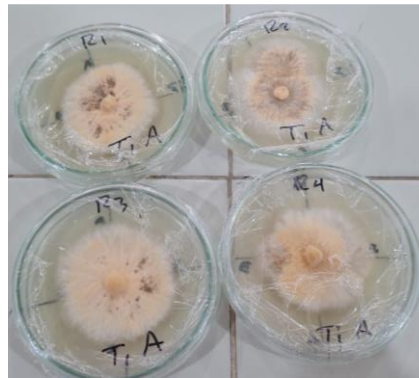
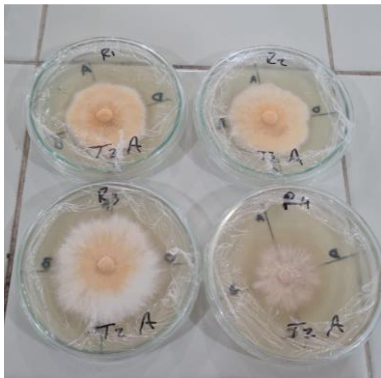
Anexo 7. Tratamiento 6 (Testigo con alcohol al 1%)



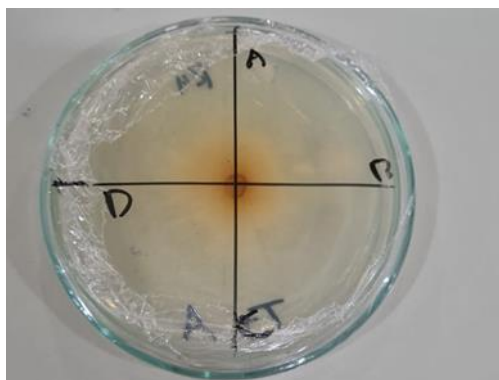
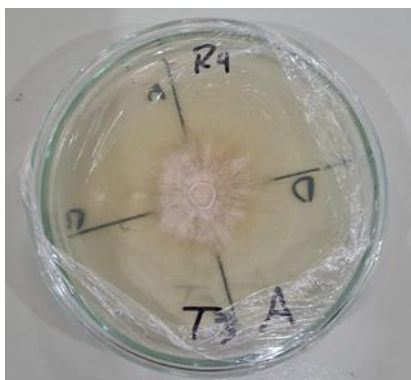
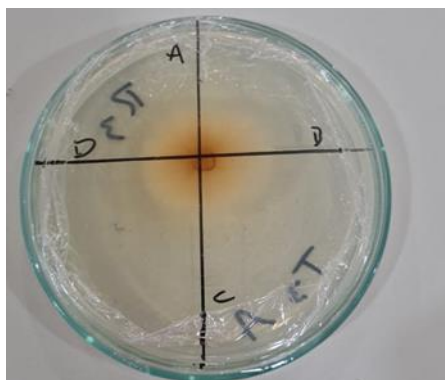
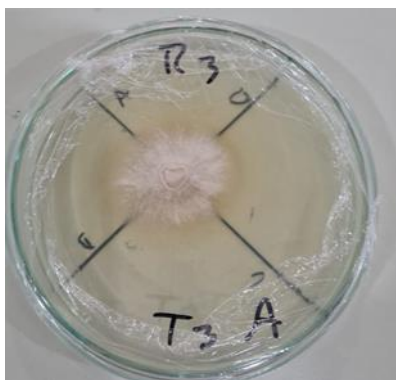
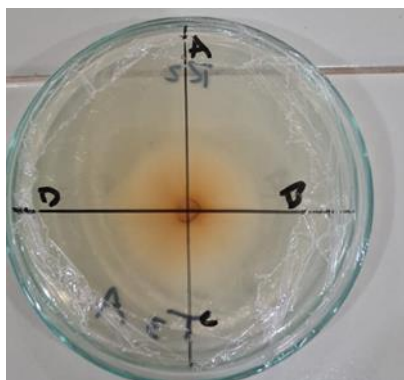
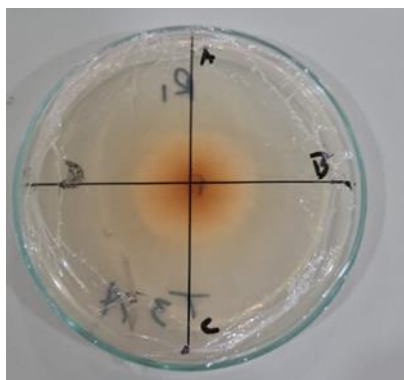
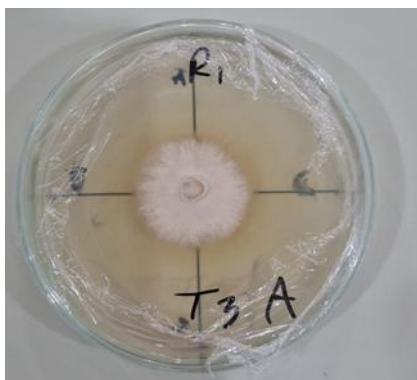
Anexo 8. Tratamiento 7 (Testigo más alcohol al 2%)



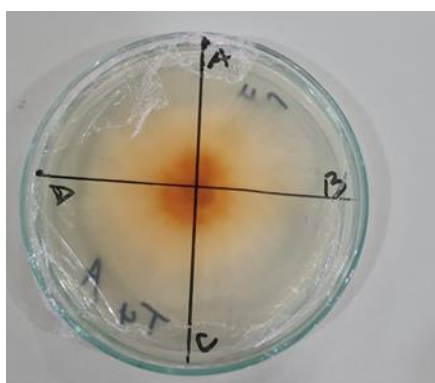
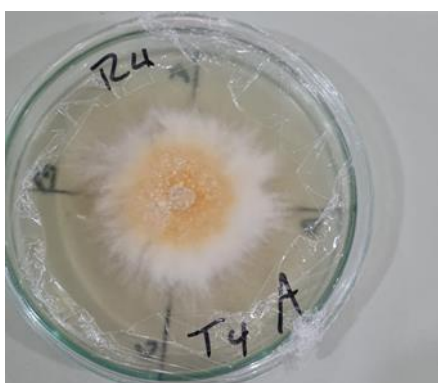
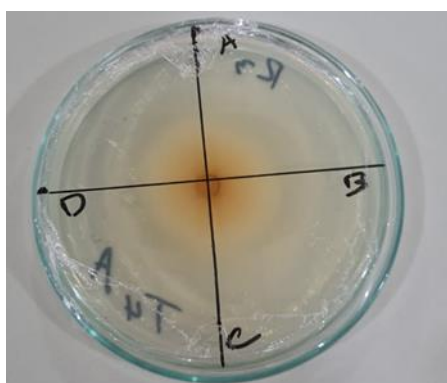
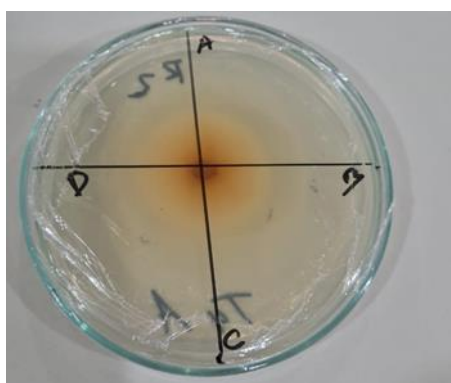
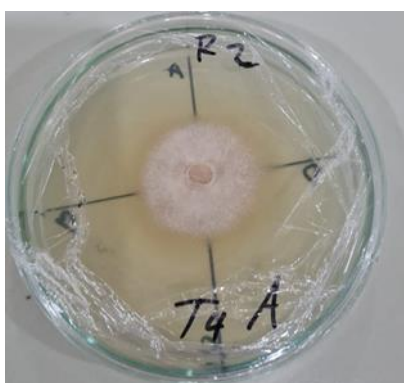
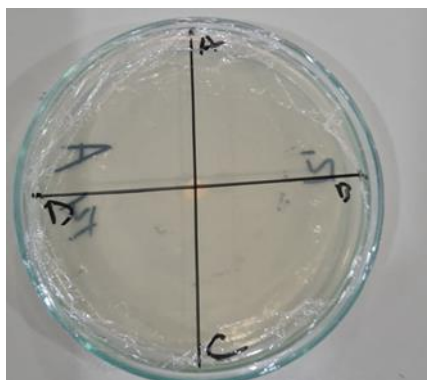
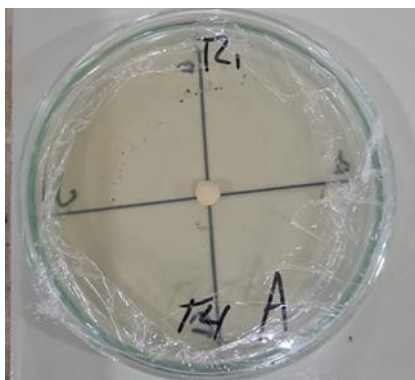
Anexo 9. Tratamientos 5, 6, 7, 8, 9



Anexo 10. Tratamiento 8 (testigo más alcohol al 3%)



Anexo 11. Tratamiento 9 (testigo más alcohol al 4%)



Anexo 12. Tratamiento 10 (testigo más alcohol al 5%)

