

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE
Ceratocystis fimbriata, "MOHO GRIS", EN EL CULTIVO DE *Hevea brasiliensis*
"HULE", EN FINCA AGRÍCOLA CHITALÓN, S.A. MAZATENANGO,
SUCHITEPÉQUEZ.

T.P.A. Nely Del Rosario Castro Morales

Carné: 200942085

Mazatenango Suchitepéquez, Septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE
Ceratocystis fimbriata, "MOHO GRIS", EN EL CULTIVO DE *Hevea brasiliensis*
"HULE", EN FINCA AGRÍCOLA CHITALÓN, S.A. MAZATENANGO,
SUCHITEPÉQUEZ.

T.P.A. Nely Del Rosario Castro Morales

Carné: 200942085

Asesor: Ing. Agr. Héctor Rubén Posadas Ruiz.

Mazatenango Suchitepéquez, Septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.Sc. Pablo Ernesto Oliva Soto

Rector

M.Sc. Gustavo Enrique Taracena Gil

Secretario General

Miembros Del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director

Representante de Profesores

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

Representantes Estudiantiles

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderíco Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Eddie Rodolfo Maldonado Rivera

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

MSc. Sergio Román Espinoza Antón

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lcda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Área Social Humanista

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lcda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Lic. Heinrich Herman León

Mazatenango, 10 de agosto de 2021.

Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetables señores:

De conformidad a las normas establecidas del Centro Universitario de Sur Occidente y de la carrera de Agronomía Tropical, someto a su consideración el presente trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE *Ceratocystis fimbriata*, “MOHO GRIS” EN EL CULTIVO DE *Hevea brasiliensis* “HULE”, EN FINCA AGRICOLA CHITALON, S.A. MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.** Requisito para optar al título de Ingeniera Agrónoma, en el grado académico de licenciada.

Sin otro particular, me suscribo de ustedes.

Atentamente,



T.P.A. Nely Del Rosario Castro Morales

Carné: 200942085

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por permitirme la vida, darme salud y sabiduría y alcanzar una meta más en mi vida.

A MIS PADRES:

Roberto Castro y Floridalma Morales Por el esfuerzo realizado, los valores inculcados y todo el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida.

A MIS HERMANOS: Por su apoyo incondicional.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS: A todos aquellos que han formado parte importante en mi vida, y por el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS:

Alma Mater que me abrió las puertas y permitió realizar mis estudios durante estos años.

A LOS CATEDRATICOS DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL:

Por sus enseñanzas y apoyo durante mi etapa formativa,

A FINCA AGRICOLA CHITALON:

Por abrirme las puertas como practicante y haberme brindado el apoyo para poder desenvolverme profesionalmente y adquirir nuevos conocimientos agrícolas.

INDICE GENERAL

No.	CONTENIDO	Página
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	2
1.	MARCO CONCEPTUAL	2
1.1.	Origen y distribución del Hule	2
1.2.	Descripción del Hule	2
1.2.1.	Clasificación taxonómica.....	2
1.2.2.	Características del clon RRIM 600	2
1.2.2.1.	Características agronómicas.....	3
1.2.2.2.	Características fisiológicas.....	3
1.2.2.3.	Características secundarias.....	3
1.2.2.4.	Características tecnológicas	4
1.2.2.5.	Aspectos Técnicos	5
1.2.3.	Principales enfermedades que afectan al cultivo de hule	5
2.	MARCO REFERENCIAL	10
2.1.	Información del área del ensayo de campo	10
2.1.1.	Nombre	10
2.1.2.	Ubicación geográfica del experimento	10
2.1.3.	Manejo de la plantación	10
2.1.4.	Tipo de Institución	10
2.1.5.	Descripción ecológica	11
2.2.	Descripción de los productos a utilizar en la investigación	11
2.2.1.	Productos biológicos	11
2.2.1.1.	Bioclean	11
2.2.1.2.	Regalía maxx.....	14
2.2.1.3.	Revancha plus	16
2.2.2.	Productos químicos.....	16
2.2.2.1.	BAYFIDAN	16
2.2.2.2.	ALIETTE	17

2.2.2.3.	SILVACUR	17
2.2.2.4.	VERITA	18
2.2.2.5.	PREVICUR.....	19
2.2.2.6.	DEROSAL	20
2.2.2.7.	HALT 10 SL.....	20
2.2.2.8.	FORAL 80 WP	21
2.2.2.9.	FORAXIL 24 EC.....	21
2.2.2.10.	LUXAZIM 50 SC.....	22
III.	OBJETIVOS.....	23
IV.	HIPOTESIS.....	24
V.	MATERIAL Y METODOS	25
1.	Localización	25
2.	Materiales y equipo.....	25
2.1.	Material vegetativo	25
2.2.	Productos a utilizar.....	25
2.3.	Materiales y equipo utilizado	26
3.	Análisis Estadístico	27
3.1.	Diseño Estadístico de la Investigación.....	27
3.2.	Unidad experimental	27
3.3.	Aleatorización de los tratamientos	29
3.4.	Croquis de campo	30
3.5.	Variables de respuesta	31
3.5.1.	Evaluación del efecto de los fungicidas biológicos en el desarrollo de <i>Ceratocystis fimbriata</i> bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio	31
3.5.2.	Determinación del efecto que provocan los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la incidencia de <i>Ceratocystis fimbriata</i>	33
3.5.3.	Determinación del efecto de los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la severidad de <i>C. fimbriata</i>	34
3.5.4.	Identificación del tratamiento con mayor eficacia en el control de <i>Ceratocystis fimbriata</i> en el panel de pica de los árboles de <i>Hevea brasiliensis</i>	36

3.5.5.	Realización de un análisis de costos específicos de cada uno de los tratamientos implementados en la investigación	36
3.6.	Manejo de ensayo de campo	36
VI.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	37
1.	Evaluación del efecto de los fungicidas biológicos en el desarrollo de <i>Ceratocystis fimbriata</i> bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio.....	37
2.	Determinación del efecto que provocan los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la incidencia de <i>C. fimbriata</i>	41
3.	Determinación del efecto de los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la severidad de <i>Ceratocystis fimbriata</i>	45
4.	Identificación del tratamiento con mayor eficacia en el control de <i>C. fimbriata</i> en el panel de pica de los árboles de <i>H. brasiliensis</i>	49
5.	Realización de un análisis de costos específicos de cada uno de los tratamientos implementados en la investigación	53
VII.	CONCLUSIONES	55
VIII.	RECOMENDACIONES	56
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	57
X.	ANEXOS	61

INDICE DE TABLAS

No. De Tabla	CONTENIDO	Página
1.	Fungicidas recomendados para el tratamiento de <i>C. fimbriata</i>	10
2.	Fungicidas biológicos y químicos utilizados en la evaluación.....	25
3.	Tratamientos a evaluar en la investigación.....	27
4.	Comportamiento del desarrollo de <i>C. fimbriata</i> en medio de PDA en condiciones controladas.....	37
5.	Resultados del análisis de covarianza del crecimiento de <i>C. fimbriata</i> en condiciones controladas.....	38
6.	Resultados de la prueba de medias de Tukey de la variable crecimiento de <i>C. fimbriata</i> en condiciones controladas.	38
7.	<i>Comportamiento del porcentaje de incidencia de C. fimbriata</i>	41
8.	Resultado del análisis de covarianza para la variable porcentaje de incidencia de <i>C. fimbriata</i> de los tratamientos evaluados	42
9.	Resultados de las pruebas de medias de Tukey de la variable incidencia.	42
10.	Comportamiento del porcentaje de severidad de <i>C. fimbriata</i>	45
11.	Resultados del análisis de covarianza para la variable porcentaje de severidad de <i>C. fimbriata</i>	46
12.	Resultado de la prueba de medias de Tukey de la variable porcentaje severidad sobre el control de <i>C. fimbriata</i>	47
13.	Comportamiento de la eficacia de los tratamientos en el control de <i>C. fimbriata</i>	49
14.	Resultados del análisis de covarianza para la variable porcentaje de eficacia de <i>C. fimbriata</i>	50
15.	Resultado de la prueba de medias de Tukey de la variable porcentaje eficacia sobre el control de <i>C. fimbriata</i>	50
16.	Costos de aplicación de cada uno de los tratamientos evaluados, durante la investigación.	53
17.	Reporte de lluvia en mm para el año 2017 y 2018.....	64
18.	Incidencia de los seis tratamientos evaluados durante los 13 muestreos en relación con la precipitación pluvial.....	65
19.	Severidad de los seis tratamientos evaluados durante los 13 muestreos en relación con la precipitación pluvial.....	67

INDICE DE FIGURAS

No. De Figura	CONTENIDO	Página
1.	Morfología de <i>Ceratocystis fimbriata</i>	8
2.	Estructura química del ingrediente activo de Bayfidan.....	16
3.	Estructura química del ingrediente activo de Aliette.....	17
4.	Estructura química del ingrediente activo de Silvacur.....	18
5.	Estructura química del ingrediente activo de Verita.....	18
6.	Estructura química del ingrediente activo de Previcur.....	19
7.	Estructura química del ingrediente activo de Derosal.....	20
8.	Estructura química del ingrediente activo de Halt 10 SL.....	20
9.	Estructura química del ingrediente activo de Foral 80 WP.....	21
10.	Estructura química del ingrediente activo de Luxazim 50 SC.....	22
11.	Diseño de la unidad experimental.....	29
12.	Ordenamiento de los tratamientos de la evaluación en campo en finca Agrícola Chitalón.....	30
13.	Croquis general en campo de la evaluación de fungicidas biológicos.....	31
14.	Metodología para la evaluación del desarrollo de <i>C. fimbriata</i>	33
15.	Plantilla utilizada para la determinación del porcentaje de severidad del moho gris.....	34
16.	Comportamiento de medias del efecto de los fungicidas sobre <i>C. fimbriata</i> , de los seis tratamientos evaluados en condiciones controladas.....	40
17.	Comportamiento de medias, del porcentaje de incidencia del hongo <i>C.fimbriata</i>	44
18.	Comportamiento de las medias del porcentaje de severidad de <i>C. fimbriata</i> de los tratamientos evaluados.....	48
19.	Comportamiento de las medias del porcentaje de eficacia sobre <i>C. fimbriata</i> de los tratamientos evaluados.....	52
20.	Ejemplo de la toma de datos del porcentaje de severidad de <i>C. fimbriata</i>	62
21.	Panel de pica infectado de <i>C. Fimbriata</i>	62
22.	Toma de lectura del porcentaje de severidad de <i>C. fimbriata</i>	62
23.	Medición del porcentaje de severidad de <i>Ceratocystis fimbriata</i>	62
24.	Preparación de los tratamientos evaluados.....	63
25.	Comportamiento de la precipitación pluvial en mm para el año 2017 y 2018 en finca agrícola Chitalón.....	65

26. Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de <i>C. fimbriata</i> , en relación con la precipitación pluvial en mm, en finca Agrícola Chitalón.	66
27. Comportamiento de la variable porcentaje de severidad de <i>Ceratocystis fimbriata</i> , en relación con la precipitación pluvial en mm, en finca Agrícola Chitalón.....	67

RESUMEN

La siguiente investigación inferencial consistió en la evaluación de fungicidas biológicos para el control de *Ceratocystis fimbriata*, “Moho Gris” en el cultivo de *Hevea brasiliensis* “Hule”, en Finca Agrícola Chitalón S.A., como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Agronomía Tropical.

Se realizó la investigación específicamente en la parcela Sol 4 de la finca Agrícola Chitalón, ubicada en Mazatenango, Suchitepéquez, iniciando en el mes de mayo y finalizando en octubre de 2018. Para ello se realizaron 12 aplicaciones de los diferentes tratamientos y trece lecturas o muestreos, con un intervalo a cada ocho días, para determinar el comportamiento de la enfermedad. Los tratamientos evaluados fueron seis, de los cuales cuatro correspondían a los fungicidas biológicos, los cuales se detallan a continuación: T1 = BioClean, T2= Regalía Maxx, T3= BioClean + Regalía Maxx y T4= Revancha Plus, se evaluó un tratamiento químico el cual fue el T5= Testigo Relativo (Fungicidas químicos), T6= Testigo Absoluto (Sin aplicación). Se utilizó para la investigación el clon RRIM600 con 10 años de establecido y cuatro años en producción. Se utilizó un diseño de campo de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

Los tratamientos tres (BioClean + Regalía Maxx), dos (Regalía maxx) y testigo relativo (Fungicidas químicos), respectivamente, presentaron un control similar y redujeron la cantidad de árboles de hule con síntomas de la enfermedad *C. fimbriata* “moho gris” a partir de la undécima aplicación de los tratamientos, quedando como segundos mejores tratamientos después del tratamiento uno (BioClean).

SUMMARY

The following inferential investigation consisted about the evaluation of biological fungicides for the control of *Ceratocystis fimbriata*, "Gray Mold" in the rubber crop *Hevea brasiliensis*, in farm Agrícola Chitalón S.A., as part of the Supervised Professional Exercise of the Career of Tropical Agronomy.

The investigation was carried out specifically in the Sol 4 plot, of the Chitalón Agricultural Farm located in Mazatenango Suchitepéquez, beginning in May and ending in October 2018. For this, 12 applications of the different treatments and thirteen readings or samplings, were carried out with an eight days interval, to determine the disease behavior. The treatments evaluated were six, of which four corresponded to biological fungicides, which are detailed below: T1 = BioClean; T2 = Regalia Maxx; T3 = BioClean + Regalia Maxx and T4 = Revancha Plus. A chemical treatment evaluated was the T5 = Relative Control (Chemical fungicides), T6 = Absolute Control (No application). The RRIM600 clone was used for research, with 10 years of established and four years in production. And a completely randomized block field design with four replications was used.

The third treatment (BioClean + Regalía Maxx), the second (Regalía maxx) and relative control (Chemical fungicides), respectively, presented a similar control and reduced the number of rubber trees with symptoms of the disease *Ceratocystis fimbriata* "Gray Mold" from of the eleventh application of the treatments, remaining as the second best treatments after treatment one (BioClean).

I. INTRODUCCION

La Finca Agrícola Chitalón se ubica en el kilómetro 162.5 de la carretera CA-2, que conduce de la ciudad de Guatemala a Retalhuleu, y que se dedica principalmente a la producción de hule natural, en forma de cauchos líquidos y sólidos (látex, coagulo de taza), el cual se vende a la empresa INTROSA, (Industrias tropicales, S.A.) ubicada en el Km.130.5 carretera al Pacífico, Rio Bravo, Suchitepéquez.

Sin embargo, al cultivo de hule le afectan varias enfermedades, una de las más comunes y que causa grandes pérdidas en cuanto a producción de látex, es *C. fimbriata*. Se caracteriza por obstruir el sistema laticífero, y causa severos daños por la destrucción del cambium evitando la normal regeneración de la corteza.

Por lo anterior se planteó una investigación, para evaluar el efecto de productos biológicos para el control de la enfermedad de *C. fimbriata*. Para tal investigación se utilizó un testigo relativo, que consistió en la aplicación de fungicidas químicos, con rotación de moléculas debido a la resistencia que el patógeno pueda tomar a dichos productos. La investigación se realizó en Finca Agrícola Chitalón, específicamente en la parcela Sol 4, la cual se encuentra establecida con el clon RRIM 600.

Se realizó un diseño de campo de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Para determinar la incidencia de la enfermedad, se realizó una lectura antes de iniciar cada aplicación de los tratamientos, tomando los 16 árboles de cada unidad experimental como el 100 % y se calculó por medio de una fórmula. Para determinar el porcentaje de severidad de los tratamientos, se utilizó una plantilla cuadrículada hecha de acetato.

La investigación aportó información sobre el uso adecuado de fungicida biológicos, en la utilización de desinfección del panel de pica de árboles de *Hevea brasiliensis*, y se determinó que el fungicida BioClean fue el que mejor control tuvo sobre *C. fimbriata*.

II. REVISION DE LITERATURA

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Origen y distribución del Hule

Es originario de la región amazónica en Sur América. En esta zona se pueden encontrar nueve especies de éste en forma silvestre: *Hevea brasiliensis*, *H. benthamiana*, *H. pauciflora*, *H. spruceana*, *H. viridis*, *H. guyanensis*, *H. rigidifolia*, *H. microphylla*, *H. camporum* (GREMHULE, 2000).

De estas especies *H. brasiliensis* es el que más se ha estudiado y la que desde hace más de cien años ha sido ampliamente explotada.

1.2. Descripción del Hule

1.2.1. Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Sub-reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Genero	Hevea
Especie	<i>Hevea brasiliensis</i>

1.2.2. Características del clon RRIM 600

Según el diccionario de la Real Academia Española, citado por Palencia (2010), menciona que el origen de la palabra clon proviene del griego Κλων (retoño). Se define como el conjunto de células u organismos genéticamente idénticos, originado por reproducción asexual a partir de una única célula u organismo, o bien por división artificial de estados embrionarios iniciales.

El clon RRIM 600, es el resultado del cruce de un clon TJIR-1, originario de Indonesia, y desarrollado por el centro de investigaciones Tjir Tjirandji y otro clon PB 86, originario de Malasia, desarrollado por Prang Besar (Palencia, 2010).

Según su clasificación en Malasia es un tipo de clon clase I, al igual como lo clasifican Indonesia, India y Guatemala. La clase I se caracteriza por proporcionar los clones de mayor propagación en un país. En el caso de Guatemala la mayoría de plantaciones están conformadas por los clones RRIM 600 y GT-1, pero actualmente se cuenta con otros nuevos de mayor productividad, como el caso del PB 260 (Palencia, 2010).

1.2.2.1. Características agronómicas

Según Orozco (2011), menciona que el clon RRIM 600 es un gran productor. Su inicio es rápido, y se considera media en el invierno. La alta producción por árbol compensa el número de árboles en pica relativamente bajo. En cuanto a la producción de semillas este clon es de mediana a débil al igual que en el resto de su familia, la cual además presenta plantas de hojas amarillas.

1.2.2.2. Características fisiológicas

Según Orozco (2011), afirma que el sistema de explotación del clon RRIM 600 responde adecuadamente a la estimulación, comportándose a un sistema de explotación de d/4 d/6 estimulando moderadamente.

1.2.2.3. Características secundarias

- **Sensibilidad al viento**

Según Orozco (2011), menciona que en Malasia el clon RRIM 600 es considerado como resistente a la quiebra, no así en Costa de Marfil. Esta sensibilidad a la quiebra del tronco y ramas ha sido igualmente localizada en plantaciones industriales. Ensayos de injerto de corona han sido hechos para nivelar este inconveniente; sin embargo, no se ha llegado a ninguna conclusión definitiva sobre los efectos de quiebra; por el contrario, se ha determinado bajas en la producción estimadas entre el 20% al 30 % según el clon que sea usado como corona.

- **Sensibilidad al corte seco**

Es considerablemente sensible, en especial en casos de pica intensa puesto que esta es una seria infección del panel de pica, reconocida desde los primeros años de este siglo, la cual representa un factor limitante en la producción de látex, pudiendo llegar hasta un estado deformativo (Orozco, 2011).

- **Sensibilidad a la enfermedad de las hojas**

Según Orozco (2011), menciona que en Costa de Marfil aparece como poco sensible, en Camerún es donde sobrepasa a veces el umbral de tolerancia al *Colletotrichum gloeosporioides*

1.2.2.4. Características tecnológicas

Látex:

- Color: Claro
- Viscosidad Money Estabilizada: Muy Baja
- Rapidez de vulcanización: Rápida

Chipas:

- Viscosidad Money estabilizada: Débil
- Rapidez de Vulcanización: Mediana

Identificación: (Orozco, 2011)

- Color de la hoja: Verde claro.
- Textura de la hoja: Lisa.
- Brillo de la hoja: Ligeramente brillante.
- Forma del foliolo central: Ovalado de arriba.
- Punta o ápice: Corta.
- Foliolo lateral / foliolo lateral: Idénticos o misma forma más pequeños.
- Base del foliolo Central: Liso.
- Perfil transversal del foliolo central: Convexo.
- Posición respectiva de los foliolos: Separados.
- Pecíolo: Medio, en ángulo abierto.
- Perfil del peciolo: Derecho o recto.
- Espaciamiento de coronas: Poco separado.
- Brote: Normal.
- Color del látex al picar: Ligeramente amarillo.

1.2.2.5. Aspectos Técnicos

- **Ecología**

Según Palencia (2010), los requerimientos ecológicos necesarios para el cultivo de *H. brasiliensis* son: precipitación pluvial: 2000 a 4,000 mm anuales bien distribuidas y suelos ubicados sobre los 200 a 600 msnm.

- **Topografía**

Según GREMHULE (2010), menciona que los terrenos planos o ligeramente inclinados, son recomendados porque favorecen todas las labores del cultivo y de explotación. Donde no se tenga esta característica, se aceptan inclusive áreas con pendiente no mayor a 25°, en estos casos, se deben implementar labores de conservación de suelos.

- **Suelos**

Según Palencia (2010), el cultivo de *H. brasiliensis* se adapta mejor a suelos profundos de 1.5 m por lo mínimo, de preferencia con una capa de materia orgánica gruesa, fértiles, con un 25 a 40% de contenido de arcilla, de buen drenaje, libre de capas impermeables y con un pH entre 4.5 a 5.5.

1.2.3. Principales enfermedades que afectan al cultivo de hule

Las principales enfermedades que afectan al cultivo *H. brasiliensis* en toda su etapa vegetativa son las siguientes:

- Enfermedad sudamericana de la hoja cuyo agente patógeno es el hongo *Microciclus ulei*.
- Pudrición en hojas terminales, la cual presenta como patógeno el hongo *Colletotrichum salmonicolor*.
- Enfermedad rosada el cual presenta como patógeno el hongo *Corticium samonicolor*.
- Antracnosis, el cual presenta como patógeno el hongo *Glomerella cingulata*
- Pudrición mohosa que presenta como patógeno al hongo *Ceratocystis fimbriata Ellis & Halst.*
- Liber Moreno (*Brown bast*) la cual se trata de una enfermedad fisiológica.
- Cáncer en el tronco y muerte de los brotes, causado por el patógeno *Phytophthora palmivora*.
- Enfermedad morena que tiene como agente patógeno al hongo *Fomes noxius*
- Pudrición blanca de la raíz provocada por el hongo *fomes lignosus*.

Agente causal: *Ceratocystis fimbriata*. Clase: Ascomycete

– **Importancia y distribución**

Enfermedad que causa severos daños sobre la madera expuesta por el corte de pica, especialmente durante la época lluviosa y en áreas donde continuamente la atmósfera es húmeda. Si no es tratada correctamente afecta la economía interna de cualquier finca al reducir la producción. En nuestro país es raro encontrar una finca libre de éste patógeno; daños mínimos de infección se dan en aquellas fincas (para la zona suroccidente) situadas cerca del rango mínimo altitudinal de siembras, es decir, unos 180 msnm (600 psnm) dadas las condiciones de menor precipitación y humedad. Los primeros daños empiezan a observarse a mediados de junio en la región sur y en la zona norte durante la mayor parte del año. Clones que son sugeridos como susceptibles en otros países y lo han demostrado en el medio lo constituyen el RRIM 600, PR 107, LCB 1320 (GREMHULE, 1997).

– **Clasificación taxonómica del hongo (*Ceratocystis fimbriata*)**

Reino	Fungi
Clase	Ascomicetes
Sub-clase	Sordariomycetidae
Orden	Microascales
Familia	Ceratocystidaceae
Género	<i>Ceratocystis</i>
Especie	<i>Ceratocystis fimbriata</i> Elis & Halst

– **Clase Ascomicete**

Este grupo junto con los Basidiomicetos representa la plenitud de la adaptación de los hongos al medio terrestre. Parecen haber derivado, por caminos diferentes, de antecesores a los zigomicetos y que tienen en común además de la buena adaptación al medio terrestre 2 caracteres. En primer lugar, está la presencia de septos perforados en las hifas, que les confiere una mayor resistencia. En segundo lugar, la presencia de un micelio dicariótico, en el que cada célula contiene 2 núcleos: uno copia del núcleo del gameto masculino, y otro del femenino, que intervinieron en su formación.

Es un grupo que destaca por su amplitud y diversidad, pues se reconocen más de 32,000 especies, pero más de 13,500 están liquenizadas. Así pues, la importancia que se observa en ecología y biodiversidad, tanto como por los servicios que ofrece: descomposición de la materia orgánica, parásitos de plantas y animales, biodegradación, hongos comestibles y tóxicos. Los ascomicetos son la clase de hongos con mayor número de especies dentro del reino de los hongos.

C. fimbriata se mueve a través del xilema, a menudo concentrándose en el sistema vascular causando una mancha donde crece, es decir, se mueve de forma sistémica por la planta causando muerte vascular y afectando mayormente el parénquima. Causa la muerte del cambium y el tejido de la corteza, creando una llaga en el tallo o la rama. El hongo esporula principalmente en la superficie del corte de las ramas infectadas produciendo ascosporangios, cuerpos fructíferos de masas de esporas pegajosas para la dispersión por insectos (Ordoñez, 2018).

– **Morfología**

El crecimiento de *C. fimbriata* se da adecuadamente en la mayoría de los medios de cultivo comunes, en medio PDA (Papa Dextrosa Agar) tiene una tasa de crecimiento 0.3 - 0.5 cm por día a 24°C, inicialmente el micelio es hialino y más o menos denso, luego se observa de color blanco y más adelante gris-verdoso.

Las colonias pueden producir tres tipos de conidias y usualmente peritecio.

- a) Las clamidiósporas o aleuroconidias son originadas por conidióforos especializados, ocasionan el color café verdoso en la parte inferior de las colonias, se producen a los 5 días y son esporas asexuales muy numerosas en madera infectada, de pared delgada, bulbosas, miden entre 11-19 μm por 9-15 μm . Se encuentran en cadenas cortas o solas, son las conidias de sobrevivencia más comunes debido a su pared delgada y durabilidad que les permite permanecer en el suelo y en los insectos por más tiempo.
- b) Las conidias o endoconidias generan un color café claro, de 5-40 μm por 3-6 μm , unicelulares, cilíndricas con la orilla aplanada, en cadenas de un largo variable, son características de Chalara. Los endoconidióforos se desarrollan

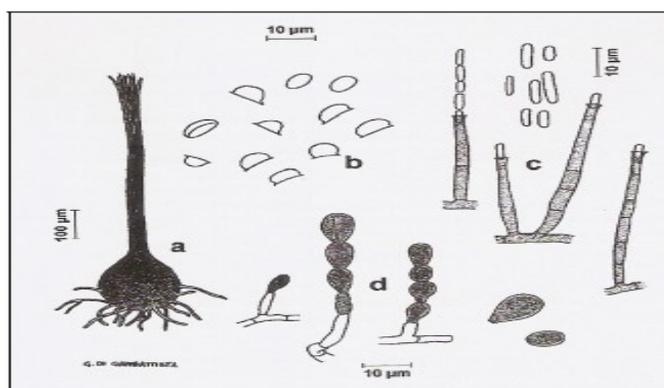
lentamente de la hifa vegetativa, dispersos o agrupados, septados, con 60-90 μm de largo y son producidas en ciclos de un día aproximadamente.

- c) Las ascosporas tienen una forma característica en casco, son hialinas y miden 4.5-8 μm de largo por 2.5-5.5 μm de ancho (Ordoñez, 2018).

Figura 1

Morfología de Ceratocystis fimbriata

Nota: a) peritecio, b) ascosporas, c) conidias, d) clamidiósporas



Fuente: Meneses (2008)

A lo largo del ciclo de vida los Ascomicetos forman hifas monocarióticas haploides (hifas con células uninucleadas), hifas dicarióticas cuyos núcleos son haploides (hifas ascógenas, con células binucleadas) y cuerpos fructíferos (ascomas) formados por un entretrejo de hifas monocarióticas e hifas dicarióticas.

– Infección:

La enfermedad es transmitida por esporas que son llevadas por el viento, insectos o a través de cuchillas, manos y ropa del picador, por lo que es fácilmente propagable en toda la plantación (GREMHULE, 1997).

Síntomas de Infección: La primera señal de una infección es el apareamiento de depresiones leves, manchas o pústulas de 0.5 – 2 cm de diámetro apareciendo justamente sobre el corte de pica las cuales son oscuras y llegan a ser cubiertas

por moho gris-blanco. La parte afectada llega a formar una banda irregular que corre paralelamente al corte de pica.

El tejido cortical es rápidamente muerto y se pudre completamente, dejando una depresión húmeda en 3 o 4 semanas después de la infección. Masas de micelio son observables cuando la infección está bastante avanzada sobre el panel de pica. El color de dicho micelio varía de acuerdo a su madurez del blanco al grisáceo. La destrucción de los vasos laticíferos ocasiona una baja de producción (GREMHULE, 1997).

– **Hospederos:**

Entre las plantas hospederas afectadas se incluye el cacao, café (mal de machete), mango, y algunas leguminosas.

– **Control Preventivo y curativo**

Preventivo: El hongo es un parásito de heridas que requiere de corteza recientemente cortada y de humedad para seguir infectando. Ataques severos pueden limitarse suspendiendo la pica por un lapso de tiempo conveniente. Las aplicaciones periódicas de fungicidas en la dosis mínima recomendada mantienen limitado el desarrollo del hongo. Las prácticas culturales juegan un papel importante, deberá plantarse a óptima densidad, las heridas deben ser evitadas y cuando ocurren deben tratarse.

El control de malezas reducirá la humedad dentro de la plantación y por ende las condiciones favorables para el desarrollo del hongo. Como medida de prevención las cuchillas pueden desinfectarse durante la pica dotando al picador con un envase que contenga algún fungicida específico para controlar la enfermedad o desinfectante como formalina al 10% (GREMHULE, 1997).

Curativo: La detección de la enfermedad es relativamente fácil debido al crecimiento superficial del hongo sugiriéndose un programa de control con la alternancia desde los fungicidas que aparecen en la tabla uno.

Tabla 1

Fungicidas recomendados para el tratamiento de C. fimbriata.

Nombre Comercial	Materia Activa	Dosis de producto/litro de agua	Frecuencia en días
Benlate	Benomil	7-10 cc	4-7
Derosal, Bavistin	Carbendazim	8-10 cc	4-7
Calixin	Tridemorph	9-10 cc	4-7
Alto 100	Cyproconazol	4 cc	4-7
Bayfidan	Tridimenol	4 cc	4-7
Octave, mirage	Prochloraz	13-15 cc	4-7

Fuente: Gremial de Huleros (1997)

La frecuencia de aplicación, dependerá directamente de la frecuencia de explotación, la severidad de la enfermedad y de la susceptibilidad clonal, una medida erradicativa, pero poco práctica es la remoción del tejido enfermo exponiendo el límite del tejido infectado y la posterior aplicación de fungicida (GREMHULE, 1977).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Información del área del ensayo de campo

2.1.1. Nombre

Finca Agrícola Chitalón.

2.1.2. Ubicación geográfica del experimento

La finca Agrícola Chitalón S.A. se ubica en las coordenadas 14°33'11.23" latitud norte 91°31'48" longitud oeste y una altura promedio de 425 msnm.

2.1.3. Manejo de la plantación

El cultivo de *Hevea brasiliensis* en la parcela Sol 4 se estableció en el año 2008, con el clon RRIM 600 actualmente se encuentra en estado de producción.

2.1.4. Tipo de Institución

La finca Agrícola Chitalón, es una institución de tipo privada lucrativa, tipificada como Sociedad Anónima, administrada por un gerente general.

2.1.5. Descripción ecológica

- **Zona de Vida**

Finca Agrícola Chitalón, está ubicada en la zona de vida, Bosque Muy Húmedo Sub-tropical (bmh-S) Cálido (Holdridge 1982). La temperatura máxima es 32°C y la mínima de 22°C, manteniendo una temperatura media anual de 27°C. El viento, circula generalmente de norte a sur con una velocidad media de 13 kilómetros/ hora.

Finca Agrícola Chitalón S.A, cuenta con un suelo de tipo franco arenoso-arcilloso, con una pendiente del 1% al 6%, con relieve ligero-plano; la profundidad efectiva corresponde a un suelo profundo, con un buen drenaje y salinidad nula, perteneciendo a los suelos de la serie Ixtán franco arcilloso (Simmons, Tárano & Pinto 1959).

- **Hidrología**

La cuenca en la que se ubica la finca Agrícola Chitalón, es la de Sis-Ican; la precipitación media anual reportada es de 4,150 mm. Estos se distribuyen generalmente desde mediados de abril a mediados de octubre. La finca es atravesada por varios ríos, como “El Chitá” ubicado al Este del casco, al Oeste se encuentran los ríos “El Negro” y “Coches”. En la sección Argelia la cual está ubicada hacia el Oeste de la finca se encuentra el río “Camelia”.

2.2. Descripción de los productos a utilizar en la investigación

2.2.1. Productos biológicos

2.2.1.1. Bioclean

Fungicida a base de fermentos de *Lactobacillus* y enzimas de *Trichoderma*. Es un producto fortificante de plantas y cultivos, ecológico y respetuoso con el medio ambiente, está compuesto por fermentos y metabolitos de microorganismos específicos.

Contiene una batería de bioproteínas y ácidos orgánicos de origen biológico, obtenidos a través de un proceso fermentativo de *Lactobacillus*, que hacen del formulado un saneador-limpiador biológico de los cultivos tratados.

Es un fortificante, exento de microorganismos que activa y potencia los mecanismos de defensa en las plantas.

- a) **Lactobacillus:** Los *Lactobacillus* son bacterias que traen muchos beneficios. Ayudan a descomponer la materia orgánica en el suelo. Esto les permite a las plantas absorber los nutrimentos, como el calcio, el fósforo y el potasio, que se encuentran en esa materia. También ayudan a eliminar los malos olores de materiales en descomposición. Además, se usan para prevenir enfermedades causadas por hongos, como por ejemplo el *Fusarium* en los semilleros de tomate, y la *Rhizoctonia* o Mal del Talluelo. Una buena práctica es agregarle Lactobacillus al compost para que este se descomponga de forma más rápida y sin olores desagradables (Ordoñez, 2018).
- b) **Trichoderma:** Es un hongo Deuteromycete cuyo estado sexual es Hypocrea. El hongo *Trichoderma* fue identificado por Persoon en el año 1794, aislado de un material recolectado en Alemania, fecha desde la cual el hongo ha sido ampliamente estudiado. *Trichoderma* es un hongo aerobio facultativo, que se encuentra de manera natural en diferentes suelos agrícolas y en otras condiciones, especialmente en aquellas que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición (Ordoñez, 2018).

– **Características morfológicas y físico-químicas**

El hongo presenta un micelio blanco algodonoso macroscópicamente, que se torna de color verde, debido a la rápida y abundante esporulación. Es un hongo que posee conidias hialinas, uniceluladas y ovoides, que tienden a agregarse formando masas; presenta un conidióforo hialino, largo y no verticilado. Tiene la capacidad de producir clamidosporas que son globosas o subglobosas, ubicadas en la parte terminal o intermedia de las hifas y miden menos de 15 μm de diámetro; éstas son estructuras de resistencia, vitales e importantes para la sobrevivencia del hongo bajo condiciones adversas.

El rango de temperatura para el crecimiento de *Trichoderma* oscila entre 15 y 30°C, con un óptimo de 25°C, temperaturas mayores a 30°C limitan el crecimiento y

desarrollo del hongo, e inicia la formación de clamidosporas. Las condiciones adecuadas de humedad están en el 70%, sin embargo, tiene la capacidad de crecer en un rango entre 20% y 80%. La condición de pH fluctúa entre 5,5 y 7,5, con un óptimo de 6.6. Si se encuentra en medios con pH alcalinos (por encima de 7.0) tiene la capacidad de acidificar el medio mediante la liberación de ácidos orgánicos.

– **Mecanismos de acción de *Trichoderma spp.***

Según Ordoñez (2018), menciona que son tres los mecanismos involucrados en la biorregulación de organismos patógenos por parte de *Trichoderma*, las cuales son:

- a) **Micoparasitismo:** Es considerado el mecanismo de acción más importante, ya que es un proceso complejo donde está involucrada la producción de enzimas líticas tales como: quitinasas, glucanasas, celulasas, xylanasa, laminarinasas, esterases, glucosidasas, lipasas y proteasas. En el micoparasitismo la hifa de *Trichoderma* entra en contacto con la hifa del hongo patógeno e inicia un crecimiento alrededor de la hifa, y por acción enzimática comienza la degradación de la hifa del patógeno; posteriormente, ocurre penetración por parte del hongo antagonista, causando degradación celular, rompimiento hifal y destrucción total de la hifa del patógeno.
- b) **Antibiosis:** *Trichoderma* tiene la capacidad de producir compuestos orgánicos volátiles, como 2-propanona, 2-metil-1-butanol, heptanal, octanal, nonanal y decanal. La actividad antibiótica como tal, se refiere a los compuestos no volátiles, dentro de los cuales existe un gran número de compuestos de importancia en la actividad biorreguladora de patógenos, algunos de ellos son: harzianolida, alameticina, tricolina, viridina, gliovirina, gliotoxina, 6-pentil- α -pirona, isonitrina, trichodermina, suzucacilina y trichorzianina. Estos compuestos juegan un papel importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos. La combinación de enzimas líticas y antibióticos resulta con un alto nivel de antagonismo frente a organismos patógenos.
- c) **Competencia:** La competencia por espacio o por nutrientes ha sido considerada uno de los mecanismos clásicos de biocontrol de *Trichoderma*.

Este hongo tiene una rápida tasa de desarrollo, lo que hace que sea un fuerte competidor por espacio, a la hora de colonizar la rizosfera. Por otra parte, *Trichoderma* tiene una capacidad superior de movilizarse y tomar los nutrientes del suelo, siendo muy versátil para utilizar sustratos como fuente de carbono y nitrógeno, lo que le permite colonizar un medio rápidamente, evitando la proliferación de otros microorganismos en el mismo hábitat.

– **Limitaciones con el uso de *Trichoderma* en la agricultura.**

Eficacia: Ordoñez (2018), afirma que ésta depende sensiblemente de los factores ambientales y de su nicho ecológico. Los factores físicos del suelo, tales como humedad, temperatura y pH, influyen en la actividad biorreguladora de *Trichoderma*.

Tiempo: Requiere de mayor tiempo para mostrar los resultados en el campo, debido a que en el manejo de enfermedades la respuesta biológica difiere de la química; en el primer caso, se trabaja con un organismo vivo que afecta al organismo patogénico, dañando lentamente sus estructuras, lo cual hace que el manejo biológico sea catalogado como preventivo y no curativo.

En el segundo caso, son sustancias químicas que actúan en forma curativa, alterando rápidamente funciones vitales de los organismos patógenos, como son los procesos fisiológicos relacionados con la división celular, la respiración y la formación y permeabilidad de las membranas (Ordoñez, 2018).

2.2.1.2. Regalía maxx

Es un biofungicida de acción preventiva, que induce a la activación del sistema natural de defensa de las plantas, promoviendo la formación de fitoalexinas y antioxidantes, y estimulando el engrosamiento de las paredes celulares lo que dificulta la penetración y germinación de los patógenos.

Este biofungicida está elaborado a base del extracto botánico de la planta *Reynoutria sachalinensis* y sirve para activar los mecanismos de defensa de la planta protegiendo y previniendo el establecimiento y desarrollo de enfermedades, también favorece la formación de fitoalexinas y antioxidantes lignificando las paredes celulares (Disagro, 2017).

Ingrediente activo: Extracto de *Reynoutria sachalinensis*.

Formulación: Suspensión concentrada. Induce a la planta a que produzcan Fitoalexinas, PR proteínas relacionadas fenoles, antioxidantes.

Función en las plantas: Inducción para producción de ácido ferúlico para favorecer la lignificación de paredes celulares para que resista la penetración de los patógenos.

– ***Reynoutria sachalinensis***

Fallopia sachalinensis es el nombre botánico de esta especie perteneciente a la familia Polygonaceae y es conocida de forma común como: maleza enlazada gigante, maleza enlazada sakhalin y maleza enlazada sakhalin japonesa. Sus sinonimias son las siguientes: *Polygonum sachalinense*, *Reynoutria sachalinensis* y *Tiniaria sachalinensis*.

– **Descripción general**

Esta planta perenne original del Este de Asia (Japón), puede llegar a alcanzar tres metros con sesenta centímetros de altura y tres metros de anchura. *Fallopia sachalinensis* posee flores dotadas de unidades reproductivas dioicas. (Pérez, 2013).

– **Uso en la agricultura**

Se ha encontrado ahora que la planta *Reynoutria sachalinensis* es perfectamente adecuada para la lucha contra los hongos en la agricultura. Por planta deberá entenderse tanto la propia planta como parte de la planta por ejemplo rizoma, tallos u hojas o sus mezclas. Preferentemente se empleará la planta muerta, especialmente la planta secada. Es especialmente ventajoso el empleo de la planta seca en forma finamente dividida, por ejemplo, como granulado, polvo o polvo fino.

La planta *Reynoutria sachalinensis* tiene un buen efecto fungicida sobre los hongos que provocan daños en la agricultura. Es particularmente interesante el empleo de *Reynoutria sachalinensis* para la lucha contra los hongos del mildiu real, por ejemplo, en el 43 crecimiento de los pepinos, plantas ornamentales y cultivos de legumbres, de *Botrytis cinérea* en cultivos de invernadero, tales como geranios, ciclámenes, pepinos y pimientos, así como contra los hongos de la roya en las plantas ornamentales (Ordoñez, 2018).

2.2.1.3. Revancha plus

Es un fungicida de amplio espectro cuya principal actividad es preventiva. Como característica particular presenta adecuada redistribución a nivel de la superficie del agua utilizada. Producto de origen natural procedente de extractos de *mimosa tenuiflora* con alto contenido en materia orgánica. Recomendado para el control de enfermedades fungosas

2.2.2. Productos químicos

2.2.2.1. BAYFIDAN

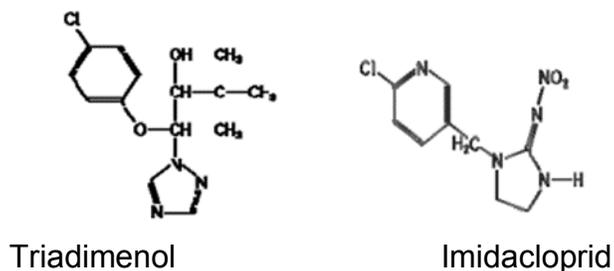
Ingrediente activo: Triadimenol, Imidacloprid

Familia química: Neonicotinoide – Triazole

Estructura química

Figura 2

Estructura química del ingrediente activo de Bayfidan



Fuente: Bayer, (2015)

Formulación: Granulado

Modo de acción: Es un fungicida sistémico, tiene efecto preventivo, curativo y erradicativo, es decir, es capaz de controlar al agente patógeno, aún después de haberse efectuado la infección y hacerse visibles los síntomas. Bayfidan 312 SC puede considerarse como inofensivo para los insectos beneficiosos (Bayer, 2015).

2.2.2.2. ALIETTE

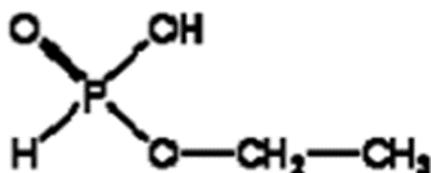
Ingrediente activo: Fosetil aluminio

Familia química: Fosfónico

Estructura química:

Figura 3

Estructura química del ingrediente activo de Aliette



Fuente: Bayer, (2017)

Fórmula química: C₂H₇O₃P

Peso molecular: 354.11

Formulación: Gránulos dispensables en agua

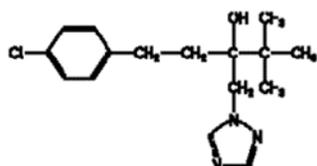
Modo de acción: Es un fungicida sistémico de excelentes cualidades para el tratamiento de enfermedades producidas por hongos, estimula la autodefensa de las plantas, se caracteriza por un sistema completo ascendente y descendente, probada biológicamente y por medios radioquímicos. Tiene una rápida penetración de acción preventiva y curativa, es compatible con la mayoría de plaguicidas del mercado. No se recomienda en mezclas con cobre o con abonos foliares que contengan alta concentración de nitrógeno. No se debe utilizar en mezclas aceitosas, puesto que impide la penetración del producto a la planta (Bayer, 2017).

2.2.2.3. SILVACUR

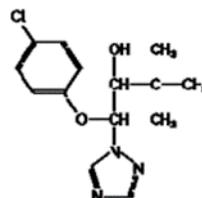
Ingrediente activo: Tebuconazole, Triadimenol

Familia química: Triazol

Estructura química:

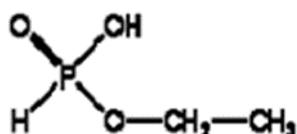
Figura 4*Estructura química del ingrediente activo de Silvacur*

Tebuconazole

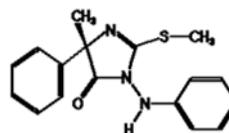


Triadimenol

Fuente: Bayer, (2015)

Formulación: Emulsión concentrada**Modo de acción:** Es un fungicida sistémico de acción preventiva y curativa, que inhibe la biosíntesis del esteroles y ergosterol provocando un trastorno en las funciones de la membrana celular del patógeno (Bayer, 2015).**2.2.2.4. VERITA****Ingrediente activo:** Fosetyl Al, Fenamidone**Familia química:** Fosfónico**Estructura química:****Figura 5***Estructura química del ingrediente activo de Verita*

Fosetil Al



Fenamidone

Fuente: Bayer, (2015)

Formulación: Gránulos dispersables en agua

Modo de acción: Sistémico y Traslaminar, combina la acción de dos ingredientes activos: el fosetyl- aluminio y la Fenamidona que en conjunto actúan en forma sistémica acropetal y basipetal (vía floema y xilema), con acción protectante y curativa.

El fosetyl-aluminio actúa inhibiendo la germinación de las esporas o por bloqueo del desarrollo del micelio del hongo. La fenamidona actúa inhibiendo las diferentes etapas del ciclo de vida de los hongos y la liberación de las esporas (Bayer, 2015).

2.2.2.5. PREVICUR

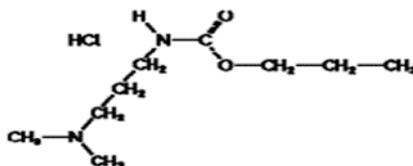
Fungicida sistémico con amplio espectro de acción, actúa en forma preventiva y curativa de rápido efecto inicial, que actúa de forma translaminar y por sistema ascendente.

Ingrediente activo: Propamocarb*:	% P/P
Propyl 3-(dimethylamino) propylcarbamate hydrochloride.....	70
Ingredientes aditivos:.....	30
	TOTAL 100

Estructura química:

Figura 6

Estructura química del ingrediente activo de Previcur



Fuente: Bayer, (2015)

2.2.2.6. DEROSAL

Ingrediente activo: Carbendazim

Clase química: Benzimidazol

Formulación y concentración: DISPERSION (emulsión aceite en agua); 511 g de i.a./L

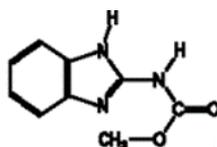
Categoría toxicológica: LIGERAMENTE TOXICO (IV)

Modo de acción: Sistémico de acción protectora y curativa.

Estructura química

Figura 7

Estructura química del ingrediente activo de Derosal



Fuente: Bayer, (2016)

El Carbendazim actúa sobre un proceso de la división celular, impidiendo el crecimiento del hongo (Bayer, 2016).

2.2.2.7. HALT 10 SL

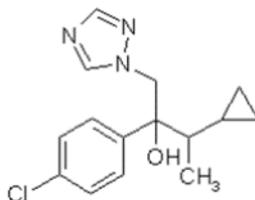
Descripción: Fungicida - Triazol

Ingrediente activo: Ciproconazole

Estructura química:

Figura 8

Estructura química del ingrediente activo de Halt 10 SL



Fuente: Foragro, (2018)

Formula química: C₁₅H₁₈CIN₃O

Peso molecular: 291.8

Recomendaciones de uso: Es un fungicida sistémico que posee una serie de propiedades únicas. El ciproconazole posee propiedades sistémicas que permiten un excelente control preventivo y curativo, sobre una amplia gama de hongos patógenos de las órdenes Ascomycetos, Basidiomycetos y Deuteromycetos (Foragro, 2018).

2.2.2.8. FORAL 80 WP

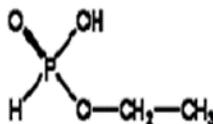
Fungicida – Fosfonico

Ingrediente activo: Fosetil – AL

Estructura química

Figura 9

Estructura química del ingrediente activo de Foral 80 WP



Fuente: Foragro, (2018)

Recomendaciones de uso: Posee acción sistémica tanto ascendente como descendente (Foragro, 2018).

2.2.2.9. FORAXIL 24 EC

Grupo químico: Phenylamide: Acylalanine

Nombre químico (IUPAC): methyl N-(methoxyacetyl)-N-(2,6-xylyl)-DL-alaninate

Formulación: Concentrado Emulsionable (EC)

Concentración: 240 g/l

Categoría toxicológica: III LIGERAMENTE PELIGROSO

Modo de acción: Es un fungicida sistémico con acción protectora y curativa que se absorbe a través de las hojas, tallos y raíces.

Mecanismo de acción: Inhibe la síntesis de proteínas en hongos, por interferencia con la síntesis de ARN ribosómico.

PERIODO DE CARENCIA: No aplica (Foragro, 2018).

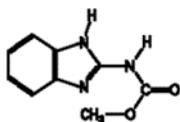
2.2.2.10. LUXAZIM 50 SC

Ingrediente activo: Carbendazim Benzimidazol

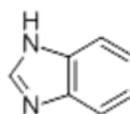
Estructura química:

Figura 10

Estructura química del ingrediente activo de Luxazim 50 SC



Carbendazim



Benzimidazol

Fuente: Foragro, (2018)

FORMULACIÓN: Suspensión concentrada, sistémico de acción protectora y curativa, efectivo para una amplia gama de enfermedades fungosas (Foragro, 2018).

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el efecto de fungicidas biológicos, para el control de *Ceratocystis fimbriata*, “Moho Gris” en el cultivo de *Hevea brasiliensis* “Hule” en finca Agrícola Chitalón, Mazatenango, Suchitepéquez.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el efecto de los tratamientos biológicos en el desarrollo de *C. fimbriata* bajo condiciones controladas en el laboratorio.
2. Determinar el efecto que provocan los tratamientos evaluados, sobre el comportamiento de la incidencia de *C. fimbriata*.
3. Determinar el efecto que provocan los tratamientos evaluados, sobre el comportamiento de la severidad del daño ocasionado por *C. fimbriata* en árboles de *H. brasiliensis* en producción.
4. Identificar el tratamiento con mayor eficacia en el control de *C. fimbriata* en el panel de pica de los árboles de *H. brasiliensis*.
5. Realizar un análisis de costos específicos de cada uno de los tratamientos implementados.

IV. HIPOTESIS

Ho₁: Todos los tratamientos evaluados presentarán el mismo efecto sobre las variables desarrollo del hongo, incidencia, severidad, eficacia y costos.

Ha₁: Al menos uno de los tratamientos evaluados presentará un efecto diferente sobre las variables desarrollo del hongo, incidencia, severidad, eficacia y costos.

V. MATERIAL Y METODOS

1. Localización

El estudio se realizó en finca Agrícola Chitalón, situada en el kilómetro 162.5 de la carretera CA-2 que conduce de la ciudad de Guatemala a Retalhuleu, colinda al norte con finca Providencia, al sur con finca Villa Coralia, al este con colonia Bilbao y al oeste con finca Utatlán y Camelia. Geográficamente ubicada en las coordenadas 14°33'11.23" latitud norte 91°31'48" longitud oeste, con una altura en las instalaciones centrales de la finca de 425 msnm.

2. Materiales y equipo

2.1. Material vegetativo

Se utilizó el clon RRIM 600, producto del cruce Tjir 1 x PB 86; la plantación que se utilizó tiene una edad de 10 años de establecida y se encuentra en la parcela Sol 4 de la Finca Agrícola Chitalón.

2.2. Productos a utilizar

Para el control del *C. fimbriata* se evaluaron tres fungicidas biológicos que poseen un modo de acción preventiva como curativa y ayuda a la regeneración del tejido, y se utilizó como testigo relativo los fungicidas químicos utilizados en la finca. En la tabla dos se presentan los fungicidas utilizados en la investigación.

Tabla 2

Fungicidas biológicos y químicos utilizados en la evaluación.

Nombre técnico	Nombre comercial
Biológicos	
Reynoutria Sachalinensis	Regalía maxx
Lactobacillus y metabolitos de trichoderma harzianum	BioClean
Mimosa Tenuiflora	Revancha plus
Químicos	
Carbendazim	Derosal
Triadimenol, Imidacloprid	Bayfidan
Fosetil Aluminio	Aliet

Tebuconazole, Triadimenol	Silvacur
Fosetyl Al, Fenamidone	Verita
Carbendazim, Benzimidazol	Luxazim 50 sc
Metalaxil	Foraxil 24 ec
Propamocarb	Previcur
Ciproconazole	Halt 10 sl
Fostil-Al	Foral 80 wp

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de Disagro, Agrícola Chitalón.

2.3. Materiales y equipo utilizado

- Spray aerosol (verde, negro, anaranjado, amarillo, azul, blanco)
- Una libreta de campo y boletas de control.
- Lapiceros.
- Recipiente plástico.
- Brochas de dos pulgadas.
- Una copa Bayer
- Un litro de BioClean
- Un litro de Regalia Maxx
- Un litro de revancha plus
- Un kilogramo de aliette
- Un litro de silvacur
- Un kg de Verita
- Un litro de Luxazim 50 sc
- Un litro de Foraxil 24 ec
- Un litro de Previcur
- Un litro de Halt 10 sl
- 500 gr de Foral wp
- Un kg de Bayfidan
- Adherente
- Colorante

3. Análisis Estadístico

3.1. Diseño Estadístico de la Investigación

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos, de los cuales cuatro fueron orgánicos y uno químico (testigo relativo) en donde se utilizó productos químicos utilizados en la finca, y un testigo absoluto (sin aplicación), el diseño consta de cuatro repeticiones practicadas en la parcela Sol 4, en donde de acuerdo a la etapa de diagnóstico se determinó que era la de mayor porcentaje de incidencia de la enfermedad, la cual oscila entre 50 y 55 por ciento, esto debido a que en esa área existe alta humedad. Se conformaron 24 unidades experimentales con 16 árboles en etapa de producción en cada una de ellas.

El modelo estadístico para dicho diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \beta (x_{ij} - \bar{x}) + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ = Media general de la variable respuesta

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento en la variable respuesta

β_j = Efecto del j-ésimo bloque en la variable respuesta

β = Coeficiente de regresión

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

3.2. Unidad experimental

Para la investigación se utilizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones los cuales se presentan en la tabla tres.

Tabla 3.

Tratamientos a evaluar en la investigación.

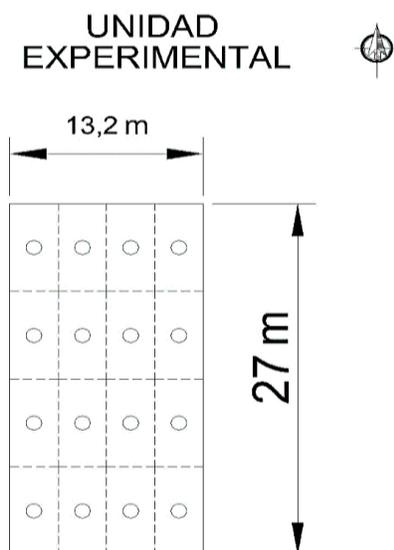
Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis/ gal (cc)
T1.BioClean	Lactobacillus y metabolitos de <i>trichoderma harzianum</i>	40
T2.Regalia Maxx	<i>Reynoutria Sachalinensis</i>	40

T3. BioClean + Regalía Maxx	Lactobacillus y metabolitos de <i>trichoderma harzianum</i> + <i>Reynoutria Sachalinensis</i>	20 c/u
T4. Revancha plus	<i>Mimosa tenuiflora</i>	50
T5. Testigo relativo	Se realizó una rotación de moléculas (fungicidas químicos utilizados en la finca)	Citados en el cuadro No.7
T6. Testigo absoluto	Sin aplicación	-----

Fuente: Elaboración propia, con información obtenida de Disagro, Agrícola Chitalón.

En la tabla anterior se describe cada uno de los tratamientos a evaluar en la investigación, de los cuales cuatro fueron orgánicos, un testigo relativo (fungicidas químicos) y el testigo absoluto (sin aplicación). Se utilizaron los productos químicos que la finca utiliza para la prevención y control del moho gris, de los cuales se realizó una rotación de moléculas o fungicidas para evitar resistencia del hongo al producto. Las dosis fueron diferentes entre cada producto químico, y la aplicación fue de tres veces cada uno para cambiar de producto. También se utilizó un testigo absoluto (sin aplicación de fungicida) para determinar mejor el comportamiento de la enfermedad.

La unidad experimental fue de 16 árboles, los cuales se encuentran a un distanciamiento de siembra de 6.75 m por 3.30 m. La parcela bruta o unidad experimental fue de 356.40 metros cuadrados, el cual se presenta en la siguiente figura.

Figura 11*Diseño de la unidad experimental*

Conformación de la unidad experimental: el número de unidades experimentales se determinó de la siguiente manera:

$$UE = 6 \text{ (tratamientos)} * 4 \text{ (repeticiones)} = 24$$

El número de árboles para el experimento se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Número de árboles} = (U.E * 16): (24 * 16) = 384 \text{ árboles de Hule}$$

3.3. Aleatorización de los tratamientos

Los bloques se distribuyeron, a través del método de la tómbola, (consistió en enumerar en pedazos de papel todos los tratamientos utilizados en la evaluación, se revolvieron en una bolsa, posteriormente se sacó uno por uno para la respectiva asignación de los tratamientos), quedando de la manera que se presenta en la figura doce.

Figura 12

Ordenamiento de los tratamientos de la evaluación en campo en finca Agrícola Chitalón.

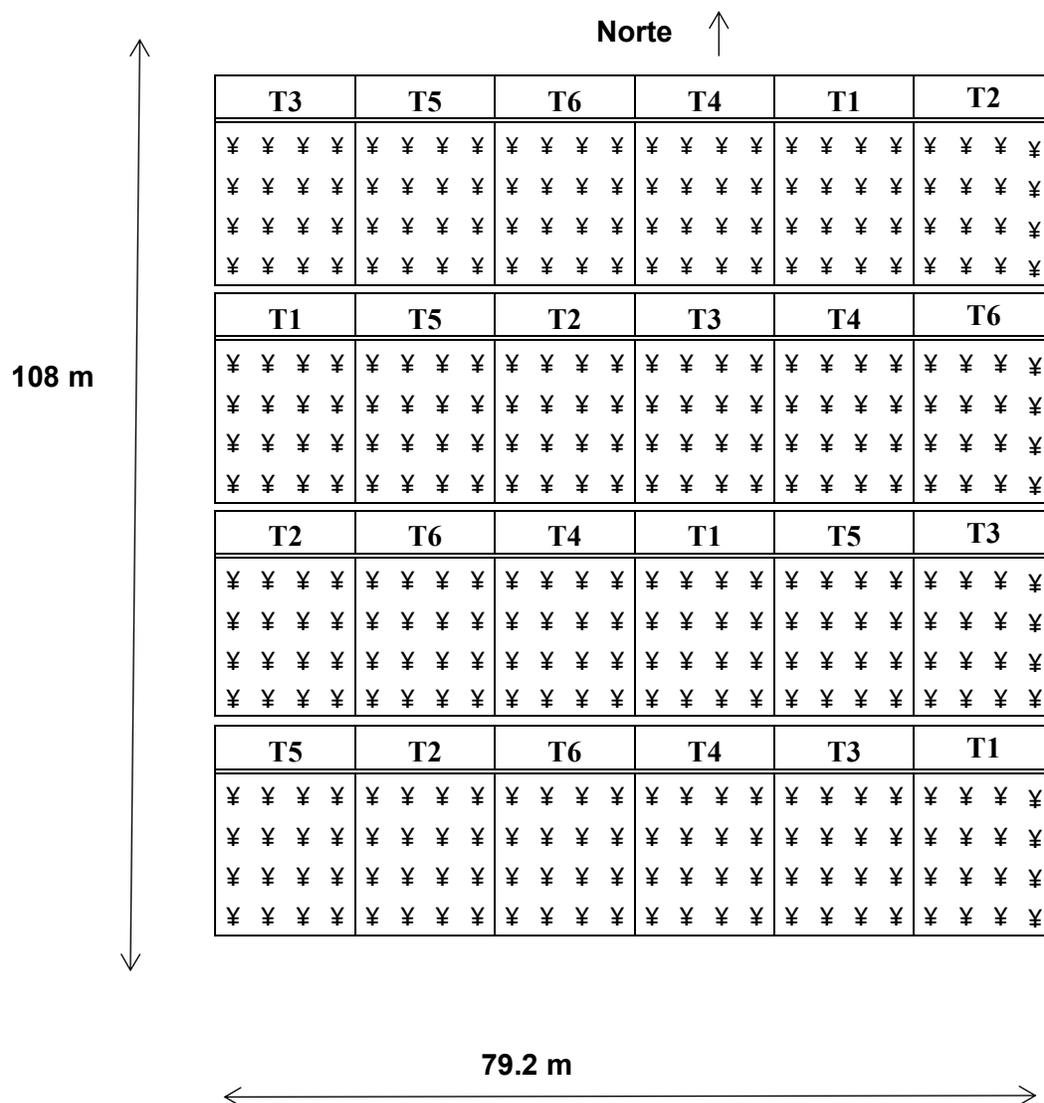
T3	T5	T6	T4	T1	T2	BLOQUE I
T1	T5	T2	T3	T4	T6	BLOQUE II
T2	T6	T4	T1	T5	T3	BLOQUE III
T5	T2	T6	T4	T3	T1	BLOQUE IV

3.4. Croquis de campo

En la figura 13, se describe el croquis de la evaluación de los seis tratamientos estudiados, establecida en campo en la parcela sol 4.

Figura 13

Croquis general en campo de la evaluación de fungicidas biológicos



3.5. Variables de respuesta

3.5.1. Evaluación del efecto de los fungicidas biológicos en el desarrollo de *C. fimbriata* bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio

Para evaluar el efecto de los fungicidas sobre el desarrollo del hongo bajo condiciones controladas, se realizó con el medio de cultivo PDA.

Este es el sustrato que más se utiliza, para el crecimiento de hongos en el laboratorio. El procedimiento que se siguió en su preparación fue el siguiente para 1 litro de medio de cultivo:

- 200 gramos de papas peladas
- 25 gramos de Agar Agar
- 20 gramos de dextrosa
- 1 ml de Cloranfenicol (antibiótico)

Procedimiento

- Se pesaron 200 gramos de papa peladas y se colocó en una olla en un litro de agua destilada.
- Se cocinó por tiempo de 35 minutos hasta llegar a un punto de ebullición para luego filtrar el agua de la papa en un beacker.
- Se pesaron 25 gr de agar agar y 20 g de dextrosa; luego se le agregó 0.5 litros de agua destilada y se mezclaron en un beacker.
- Posteriormente se mezclaron las dos soluciones: el líquido de papa y el agar agar, se clarificó con un mechero y se le aplicó la dextrosa, se aforó con agua destilada hasta el volumen de 1/2 litro.
- Luego se dejó enfriar y finalmente se colocó en un Erlenmeyer y se llevó a esterilizar en la autoclave, a 120 °C, presión de 1 atm por 15 minutos.
- Por último, de haber esterilizado el medio se dejó enfriar a temperatura ambiente y se procedió a aplicar un ml de cloranfenicol y utilizando dos mecheros se aplicó en las cajas Petri.
- Se inoculó el micelio de *C. fimbriata* en cinco cajas Petri que sirvieron para reproducción del hongo.
- Después de dos días se observó el desarrollo de *C. fimbriata* y cuidando de no haber contaminación. Se trasladó a las cajas Petri en donde se estableció para su respectiva evaluación.
- Se dejaron dos días para su desarrollo y posteriormente se le aplicó cada tratamiento.

- A los dos días de estar establecidos en cajas Petri se tomó la primera lectura y se aplicaron los tratamientos. Las lecturas se tomaron a las 12 hrs, 24hrs, 36 hrs y 48 hrs después de la primera lectura.
- Se midió el diámetro de las colonias con una regla graduada.
- Los tratamientos se aplicaron con un atomizador pequeño de 150 ml.
- Se aplicó una dosis de 125 ml de agua por tratamiento con dosis de 1.25 cc para el tratamiento uno, 1.25 cc para el tratamiento dos, para el tratamiento tres (Bioclean + Regalía maxx) 0.62 cc de cada fungicida, para el tratamiento cuatro (Revancha plus) 1.25 cc y para el testigo relativo (Fungicidas químicos)

Figura 14

*Metodología para la evaluación del desarrollo de *C. fimbriata**



3.5.2. Determinación del efecto que provocan los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la incidencia de *C. fimbriata*

- Para determinar la incidencia de la enfermedad se realizó una lectura antes de iniciar las aplicaciones de los fungicidas a evaluar, a cada 8 días después de cada aplicación se tomaron las lecturas, las aplicaciones se realizaron a cada ocho días aproximadamente dependiendo del día de pica.
- Se tomaron los 16 árboles de cada unidad experimental como el 100 %, luego se contó el número de árboles enfermos y se calculó el porcentaje de incidencia con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{No. de árboles afectados}}{\text{No. de población}} * 100$$

Debido a que las variables de respuestas fueron expresadas en porcentaje previo al análisis de covarianza se realizó una transformación de datos utilizando la fórmula de arcoseno X

$$X \text{ transformada} = \text{arcoseno } x$$

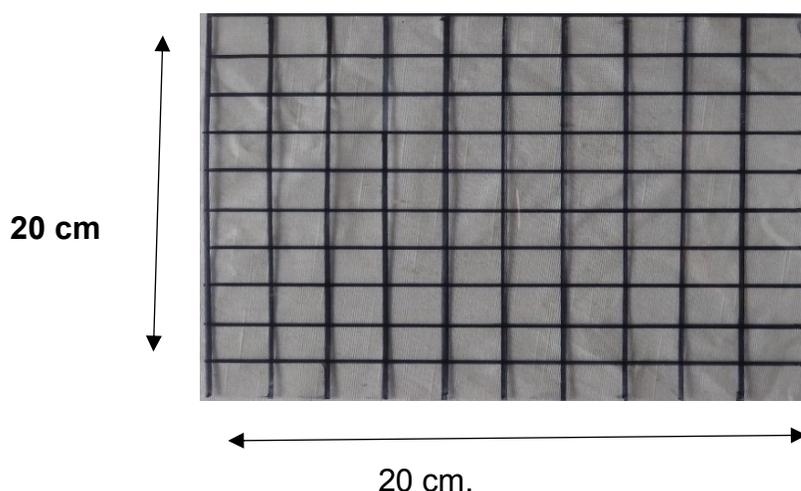
3.5.3. Determinación del efecto de los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la severidad de *C. fimbriata*

Para facilitar la toma de datos se realizó por medio de una plantilla cuadrículada hecha de acetato que tuvo una medida de 20 cm horizontal x 20 cm vertical (100 cuadros en total). Cada cuadro con una medida de dos cm x dos cm y cada cuadro tenía el valor del 1 % donde 10 x 10 se obtuvo el 100% el procedimiento fue de colocar la plantilla sobre el área infectada en el panel de pica para determinar por medio de conteo de cuadros el porcentaje de severidad presente en cada uno de los árboles.

En la figura 15 se ejemplifican la plantilla para la determinación del porcentaje de severidad.

Figura 15

Plantilla utilizada para la determinación del porcentaje de severidad del moho gris.



Debido a que las variables de respuestas fueron expresadas en porcentaje previo al análisis de covarianza se realizó una transformación de datos utilizando la fórmula de arcoseno X.

$$X \text{ transformada} = \text{arcoseno } x$$

El coeficiente de variación se calculó de la siguiente manera:

$$C.V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

En donde:

C.V. % = porcentaje de coeficiente de variación

CV es igual a la desviación estándar / media aritmética.

Teniendo claro que dicho coeficiente es la relación que existe entre la desviación típica de la muestra y su media.

$$CV = x \times 100\%$$

Donde:

- es la desviación típica
- x es la Media

$$CV = \frac{\text{desviación estándar } \sigma}{\text{media } \mu} = \frac{\sigma}{\mu}$$

Donde:

- σ : desviación estándar de la población.
- μ : media de la población.
- s: desviación estándar de la muestra.
- \bar{x} : media de la muestra.

Para la población y para la muestra, aunque tengan notación diferente, el coeficiente de variación se obtiene dividiendo la desviación estándar entre la muestra.

Algunos autores, expresan el coeficiente de variación de forma porcentual. En ese caso, solo multiplicamos la fórmula por el 100%.

3.5.4. Identificación del tratamiento con mayor eficacia en el control de *C. fimbriata* en el panel de pica de los árboles de *H. brasiliensis*

Para determinar esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficacia: } \frac{\text{Severidad de testigo absoluto} - \text{severidad por tratamiento} \times 100}{\text{severidad del testigo absoluto}}$$

La eficacia de los productos se calculó con los datos obtenidos de la severidad de la enfermedad y se analizó.

3.5.5. Realización de un análisis de costos específicos de cada uno de los tratamientos implementados en la investigación

Para el cálculo de costo control, se llevó el registro del costo de cada tratamiento y su aplicación, tabulándose al terminar la evaluación, junto con los resultados del control ejercido por cada tratamiento.

3.6. Manejo de ensayo de campo

Selección de la plantación: Se seleccionó el área para el experimento tomando en cuenta la presencia de la enfermedad del moho gris. Esto se realizó en la etapa de diagnóstico en el cultivo de hule y en donde se determinó el tipo de clon y así como tiempo de establecida la plantación en la parcela Sol 4.

Conteo y marcación de árboles: Se realizó un conteo de árboles. Luego se marcó con seis colores distintos de spray aerosol identificando cada tratamiento con un color específico en cada bloque.

Preparación de los tratamientos (fungicidas) a evaluar: Según la dosis indicada se trabajó por litro de agua. La mezcla se realizó en recipientes plásticos.

Aplicación de los tratamientos al panel de pica: Las aplicaciones de los diferentes tratamientos se realizaron directamente sobre el canal de pica, empezando a la 6:00 am, del día y se aplicó con una brocha de 5 centímetros, con un intervalo de tiempo de aplicación de ocho días aproximadamente.

VI. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

1. Evaluación del efecto de los fungicidas biológicos en el desarrollo de *C. fimbriata* bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio

Al evaluar fungicidas biológicos lo que se pretende es que exista algún efecto en el control de *C. fimbriata*.

En condiciones controladas, la tabla cuatro, muestra el comportamiento de las colonias que crecieron en el medio de cultivo.

Tabla 4

Comportamiento del desarrollo de C. fimbriata en medio de PDA en condiciones controladas.

Tratamiento	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5
Bioclean	3.95	3.90	3.75	3.42	2.57
Regalia Max	3.95	3.95	3.87	3.77	3.52
Bioclean + Regalia Max	3.97	3.87	3.75	3.65	3.55
Revancha Plus	3.92	3.95	3.95	3.85	3.67
Testigo Relativo	3.95	3.85	3.70	3.60	3.47
Testigo Absoluto	3.9	4.12	4.55	5.07	5.55

Fuente: Datos de laboratorio (2021).

En ambiente controlado *C. fimbriata* se comporta según los tratamientos, tal y como se muestra en la tabla anterior, los diámetros en las colonias que se formaron en el medio de cultivo alcanzaron dimensiones de 5.55 cm para el mayor (lectura 5, tratamiento 5 o testigo absoluto) y de 3.42 cm para la menor (lectura 4, tratamiento 1), luego se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), con la intención de determinar estadísticamente el efecto de crecimiento de los diferentes fungicidas evaluados sobre el control de *C. fimbriata* en condiciones controladas.

Tabla 5

Resultados del análisis de covarianza del crecimiento de C. fimbriata en condiciones controladas

FV	GL	CM1	CM2	CM3	CM4
COV	1	0.37	0.12	0.06	0.08
TRA	5	0.05**	0.66**	0.09**	0.24**
BLO	3				
ERROR	14				
TOTAL	23				

Fuente: Datos de laboratorio (2021)

De acuerdo a los resultados de la tabla cinco, se puede observar que en todos los tratamientos existió diferencia significativa, por lo que se procedió a realizar una prueba de media de Tukey para determinar el tratamiento más eficiente en el control de *C. fimbriata* cuyos resultados se presentan en la tabla seis.

Tabla 6

Resultados de la prueba de medias de Tukey de la variable crecimiento de C. fimbriata en condiciones controladas.

TRA	L1	L2	L3	L4
T1	3.89 bcd	3.77 c	3.58 c	2.99 c
T2	3.94 bc	3.87 bc	3.86 b	3.71 b
T3	3.84 cd	3.78 bc	3.81 b	3.81 b
T4	3.96 b	3.94 b	3.89 b	3.81 b
T5	3.84 d	3.75 c	3.79 bc	3.77 b
T6	4.16 a	4.99 a	5.40 a	5.69 a
Tuckey	0.09	0.16	0.21	0.16

Fuente: Datos de laboratorio, (2021).

En la tabla seis se puede observar los resultados de la prueba de medias de Tukey, las cuales dieron diferencias significativas, tomando en cuenta que el mejor tratamiento tendría que ser el que presente la menor tasa de crecimiento, esto quiere decir entonces que el fungicida en estudio hizo efecto sobre el control del hongo *C. fimbriata* en condiciones controladas.

De acuerdo a lo escrito con anterioridad en la tabla seis, el tratamiento que tuvo mejor resultado luego de haber realizado la prueba media de Tukey fue el fungicida Bioclean, controlando el crecimiento de *C. fimbriata*, y esto se debe a que el fungicida Bioclean presenta una actividad preventiva y curativa frente al ataque de hongos y bacterias patógenas. Su contenido en lactoferrina le confiere carácter preventivo, actuando esta como secuestrante de hierro libre en los sitios de infección, privando de este nutriente al patógeno e influyendo en su capacidad de reproducción.

Este efecto “lento” de curación se pudo observar hasta la cuarta lectura debido a los ácidos orgánicos que este fungicida brinda pues poseen la capacidad de aumentar gradualmente la permeabilidad de la membrana celular y liberar el contenido citoplasmático del patógeno, otorgándole propiedades curativas.

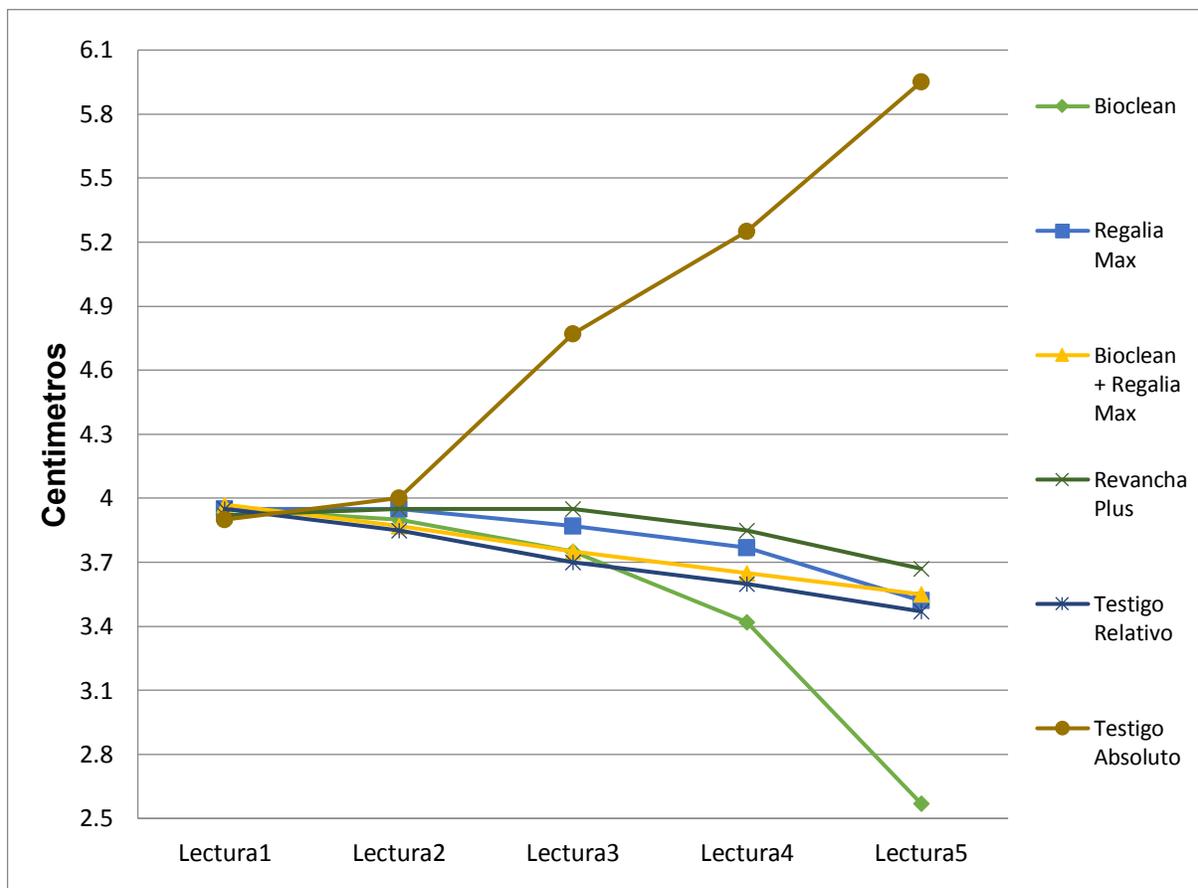
En cambio, se puede observar en la misma tabla seis, que el tratamiento cinco donde se evaluó el testigo relativo, tuvo diferencias significativas en las tres primeras lecturas, pero conforme avanzaba los días, el hongo *C. fimbriata* se volvió resistente, esto debido a que el hongo desarrolla un método de supervivencia eficaz frente a distintas moléculas de acción, pero no se logra contrarrestar el daño, efecto que se considera resistencia cruzada, que no es más que a la resistencia a un fungicida cuando este pierde su eficacia.

De la evaluación de los diferentes fungicidas orgánicos, el que tuvo un menor resultado en el control de *C. fimbriata* fue Revancha Plus, debido a que es un fungicida preventivo, y esta una vez el hongo ya está presente, por ser un fungicida preventivo el efecto de curación ya no le permite realizar, por lo tanto se recomienda este producto solamente de manera preventiva, es decir antes de que comiencen las lluvias y que empiecen a observarse signos de *C. fimbriata*.

También es importante agregar que al aplicar un control con fungicidas (orgánico e inorgánico) se tienen dos objetivos principales que es evitar y erradicar, por lo tanto, se puede decir que el peor tratamiento fue al que no se realizó ningún control, permitiendo así de esta manera a que el hongo se reproduzca en los árboles en estudio.

Figura 16

Comportamiento de medias del efecto de los fungicidas sobre C. fimbriata, de los seis tratamientos evaluados en condiciones controladas



Fuente: Datos de laboratorio (2021)

En la figura 16 se puede observar el comportamiento de las medias del efecto de los fungicidas de *C. fimbriata* en condiciones controladas, donde se marcó claramente el comportamiento del efecto de los fungicidas sobre el hongo desde el inicio hasta el final del experimento, como se puede apreciar la curva que se forma en cada tratamiento evaluado, lo cual confirma los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey que el T1 (Bioclean) fue el mejor fungicida orgánico logrando controlar el hongo *C. fimbriata*, el T4 (Revancha Plus) fue el fungicida orgánico que presentó un menor control de *C. fimbriata* en comparación de los fungicidas orgánicos evaluados y el peor tratamiento fue el T6 (testigo absoluto), donde el hongo tuvo un crecimiento considerable al no tener ningún control durante toda la investigación.

2. Determinación del efecto que provocan los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la incidencia de *C. fimbriata*.

Los datos del comportamiento del porcentaje de la incidencia de *C. fimbriata*, en el panel de pica de árboles de *H. brasiliensis*, se encuentran expresados en porcentajes, luego fueron transformados por medio de la fórmula de arcoseno, con el objetivo de normalizar los datos, previo al análisis estadístico de covarianza. Los resultados de las lecturas expresados en porcentaje del comportamiento del hongo, durante el tiempo de la evaluación se presentan a continuación en la tabla siete.

Tabla 7

Comportamiento del porcentaje de incidencia de C. fimbriata .

Tratamiento	Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Lectura6	Lectura7	Lectura8	Lectura9	Lectura10	Lectura11	Lectura12	Lectura13
Bioclean	76.5	67.2	59.37	53.12	48.44	57.81	64.06	57.81	34.75	15.62	0	0	0
Regalia Max	78.1	70.3	64.06	59.37	56.25	67.18	70.31	57.81	40.62	29.68	17.18	0	0
Bioclean + Regalia Max	76.5	64.05	57.81	48.43	40.62	48.44	54.68	43.75	29.68	29.68	12.5	0	0
Revancha Plus	74.9	73.4	68.75	64.06	60.93	65.63	68.75	64.06	56.25	46.87	35.93	20.31	0
Testigo Relativo	78.1	64.02	51.56	40.62	32.81	51.56	71.87	68.75	57.81	48.43	31.25	0	0
Testigo Absoluto	76.5	76.5	78.1	78.1	81.25	81.25	82.81	82.81	82.81	81.25	81.25	79.68	79.7

Fuente: Datos de campo (2021)

En la tabla siete, resume el comportamiento de los seis tratamientos evaluados, donde se realizaron doce aplicaciones de fungicidas y trece lecturas durante los meses de julio a octubre. Las aplicaciones de los fungicidas, se fueron manejando de acuerdo a los resultados de la toma de datos de la lectura anterior (covariable), estas se fueron aplicando hasta lograr reducir el comportamiento del porcentaje de incidencia de *C. fimbriata* en los árboles de *H. brasiliensis* en estudio.

Es importante mencionar que la presencia de las lluvias y la humedad relativa influenciaron indirectamente en el inicio del manejo de la investigación a que el hongo se proliferara, ya que en el inicio se tuvo una precipitación de 402 mm y una humedad relativa de 73% y al disminuir las lluvias gradualmente y la humedad relativa se mantuvo en el 65%, también ayudó a que la presencia del hongo *C. fimbriata* no siguiera creciendo y en conjunto con las aplicaciones de los productos en estudio, se

logró reducir el comportamiento de la incidencia de *C. fimbriata*, como lo muestra en la tabla siete.

Luego de obtener el comportamiento de las mediciones en campo se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), para determinar estadísticamente el mejor tratamiento que presente la menor tasa de crecimiento en el porcentaje de incidencia de *C. fimbriata* en los árboles de estudio, donde se obtuvieron los resultados que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8

Resultado del análisis de covarianza para la variable porcentaje de incidencia de C. fimbriata.

FV	GL	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11
COV	1	58.63	72.645	71.49	52.48	115.41	85.04	69.88	36.26	18.59	6.03	1.79
TRA	5	48.38**	20.51**	6.22**	7.42	17.28**	45.25**	21.5**	52.34**	75.87**	59.8**	504.21**
BLO	3											
ERROR	14											
TOTAL	23											

Fuente: Datos de campo (2021)

En la tabla ocho se puede observar que, si existieron diferencias significativas, por lo que se procedió a realizar una prueba de media de Tukey, para determinar cuál es el mejor tratamiento con la menor tasa de crecimiento de *C. fimbriata* en el panel de pica para el cultivo de *H. brasiliensis* en estudio.

Tabla 9

Resultados de las pruebas de medias de Tukey de la variable incidencia.

TRA	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
T1	55.59 bc	52.08 bc	49.47 bc	53.32 b	55.69 bc	52.46 bc	38.31 d	27.31 d	9.24 d	10.48 c
T2	57.65 ab	53.33 b	50.74 b	54.23 b	55.62 bc	49.71 cd	41.99 cd	35.61 c	26.66 c	6.91 d
T3	53.81 bc	52.75 b	47.55 cd	52.63 b	53.88 c	48.30 d	40.27 d	36.86 bc	23.26 c	7.58 cd
T4	60.79 a	54.53 b	51.05 b	50.39 bc	55.35 bc	54.09 b	48.80 b	42.65 b	36.71 b	27.46 b
T5	53.12 c	49.13 c	46.08 d	59.43 a	63.02 a	55.55 ab	47.98 bc	43.22 b	33.73 b	5.18 d
T6	61.79 a	59.05 a	54.90 a	46.89 c	59.18 ab	58.85 a	58.44 a	57.90 a	59.92 a	57.83 a
Tukey	4.45	3.2	3.17	4.94	4.47	3.44	6.61	6.71	4.26	2.93

Fuente: Datos de campo (2021)

Luego de realizar la prueba media de Tukey al 5% de significancia se observa que el tratamiento con la menor tasa de crecimiento fue el tratamiento uno, donde muestra una diferencia significativa en comparación del resto tratamientos evaluados, esto quiere decir que el fungicida Bioclean presenta el menor porcentaje de incidencia de *C. fimbriata*.

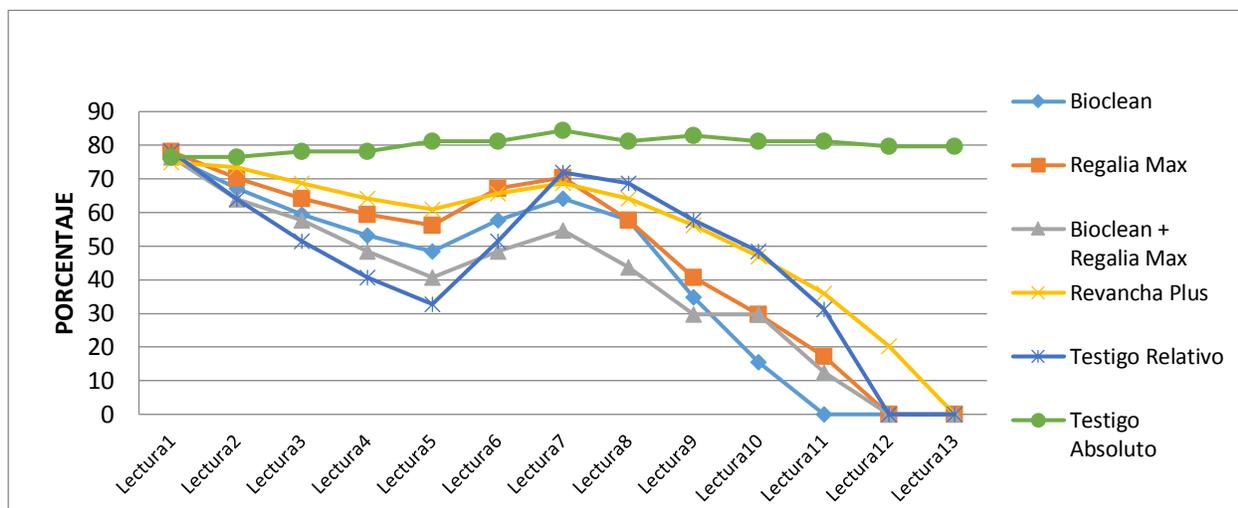
Es importante mencionar que el fungicida Bioclean posee entre su composición a las bacterias *Lactobacillus* y *Trichoderma*, las cuales al haber contacto con el patógeno provocan una reacción de ataque. Esto debido a que el producto utilizado está compuesto con base a una batería de proteínas y ácidos orgánicos de origen biológico, obtenidas a través de un proceso fermentativo, exenta de microorganismos que activa y potencia los mecanismos de defensa en las plantas.

Por tanto, este producto controló directamente el ataque de agentes patógenos. Es de mencionar que las bioproteínas y los ácidos orgánicos constituyentes del producto son elaborados por una bacteria beneficiosa perteneciente al género *Lactobacillus*. Los ácidos orgánicos producidos estimulan a la planta para hacer frente al estrés biótico generado por el ataque de hongos y bacterias fitopatógenos.

Es por esta razón que se concluye acerca del efecto del fungicida Bioclean contrarrestando el daño y evitando la propagación del hongo, erradicando gradualmente la infección que el hongo provoca una vez se encuentre en el panel de pica de *H. brasiliensis*.

Figura 17

Comportamiento de medias, de porcentaje de incidencia del hongo C. fimbriata.



Fuente: Datos de campo (2021)

En cuanto al porcentaje de incidencia se puede apreciar en la figura 17 la diferencia entre los tratamientos, confirmando los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey, por lo tanto se observó el efecto que hace el fungicida al ser aplicado sobre el panel de pica, un comportamiento decreciente a lo largo de los diferentes muestreos que incluyó el ensayo, pero también se observó que el tratamiento donde no se aplicó ningún fungicida (testigo absoluto), el comportamiento de la curva en ocasiones fue ligeramente con un efecto de crecimiento del hongo, esto se debe a que al no aplicar ningún tratamiento de curación, el hongo tiende a vivir dañando al huésped con su expansión de crecimiento y en ocasiones hasta matar al individuo, si no se logra realizar ningún control preventivo o curativo.

3. Determinación del efecto de los tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la severidad de *Ceratocystis fimbriata*.

Los datos del comportamiento del porcentaje de la severidad de *C. fimbriata*, en el panel de pica de árboles de *H. brasiliensis*, se encuentran expresados en porcentajes, luego fueron transformados por medio de la fórmula de arcoseno, con el objetivo de normalizar los datos, previo al análisis estadístico de covarianza. Los resultados expresados en porcentaje del comportamiento del hongo en cada panel de pica durante el tiempo de la evaluación se presentan a continuación en la tabla diez.

Tabla 10

Comportamiento del porcentaje de severidad de C. fimbriata.

Tratamiento	Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Lectura6	Lectura7	Lectura8	Lectura9	Lectura10	Lectura11	Lectura12	Lectura13
Bioclean	31.28	24.16	22.08	20.27	18.14	19.24	20.14	17.38	10.17	7.3	0	0	0
Regalia Max	31.57	25.2	22.21	20.3	18.11	19.4	20.19	17.15	9.83	6.77	3.43	0	0
Bioclean + Regalia Max	31.77	21.48	18.23	15.18	12.04	14.08	15.33	13.17	8.73	5.8	2.61	0	0
Revancha Plus	31.2	26.31	24.12	22.12	20.04	20.24	21.1	20.05	17.1	15.14	9.64	4.05	0
Testigo Relativo	31.78	21.1	15.03	12.32	10.22	13.66	17.28	16.69	14.17	8.23	4.12	0	0
Testigo Absoluto	31.97	32.11	32.11	32.3	32.32	32.42	32.49	32.57	32.57	32.56	32.53	32.02	31.84

Fuente: Datos de campo (2021).

El comportamiento del porcentaje de severidad observado en la tabla diez, tiene una alta correlación en el manejo como en el comportamiento del porcentaje de incidencia, y de esa manera las aplicaciones de los fungicidas se fue manejando de acuerdo a los resultados de la toma de datos de la lectura anterior, siendo esta la covariable de la investigación, por lo tanto fue el indicativo para regular el número de las aplicaciones hasta haber logrado reducir el comportamiento del porcentaje de severidad de *C. fimbriata* en los árboles de *H. brasiliensis* en estudio.

De la misma manera como sucedió en el comportamiento del porcentaje de incidencia, la presencia de las lluvias y la humedad relativa también influenciaron indirectamente, ya que en el inicio de la investigación se tuvo una precipitación de 402 mm y una

humedad relativa de 73% siendo estas las causantes de la proliferación del hongo *C. fimbriata* y al disminuir las lluvias y la humedad relativa se mantuvo en el 65%, la presencia del hongo *C. fimbriata* no siguió creciendo y en conjunto con las aplicaciones de los productos en estudio, se logró reducir ese comportamiento de la severidad de *C. fimbriata*, como lo muestra en la tabla diez.

Luego de obtener dicho comportamiento de las mediciones en campo se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), para determinar estadísticamente el mejor tratamiento que presente la menor tasa de crecimiento en el porcentaje de severidad de *C. fimbriata* en los árboles de estudio, donde se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla once.

Tabla 11

Resultados del análisis de covarianza para la variable porcentaje de severidad de C. fimbriata

FV	GL	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11
COV	1	0.01	0.11	0.2	0.11	0.13	0.08	0.07	0.06	0.04	0.1	0.09
TRA	5	0.79**	2.72**	0.26**	0.58**	1.28**	1.76**	2.28**	12.01**	6.32**	29.47**	38.02**
BLO	3											
ERROR	14											
TOTAL	23											

Fuente: Datos de campo (2021)

Como se puede ver en la tabla once, el análisis de covarianza presentó diferencias significativas por efecto de los tratamientos (productos fungicidas orgánicos y químico) sobre la variable respuesta porcentaje de severidad de *C. fimbriata*, y para establecer cuál fue el mejor tratamiento se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, cuyos resultados se presentan en la tabla doce.

Tabla 12

Resultado de la prueba de medias de Tukey de la variable porcentaje severidad sobre el control de C. fimbriata.

TRA	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11
T1	30.13 c	28.86 c	27.47 c	25.88 c	26.66 c	27.46 c	25.66 d	20.33 e	18.08 c	7.84 e	8.48 c
T2	30.82 c	28.76 c	27.44 c	25.84 c	26.79 bc	27.44 c	25.48 d	20.13 e	17.64 d	14.52 cd	6.78 de
T3	27.52 d	26.65 d	25.41 d	23.14 d	26.94 bc	25.56 e	24.33 e	20.96 d	16.92 e	13.89 d	7.10 d
T4	31.80 b	29.84 b	27.89 b	26.54 b	26.18 c	27.83 b	27.22 b	24.82 b	23.07 b	17.54 b	12.20 b
T5	26.76 e	24.31 e	24.61 e	22.80 e	28.01 a	27.17 d	26.26 c	24.04 c	17.86 cd	14.68 c	6.53 e
T6	36.82 a	33.90 a	31.24 a	30.96 a	27.12 b	31.83 a	31.37 a	30.13 a	31.24 a	27.84 a	29.92 a
Tuckey	0.74	0.4	0.25	0.15	0.37	0.26	0.19	0.33	0.35	0.67	0.35

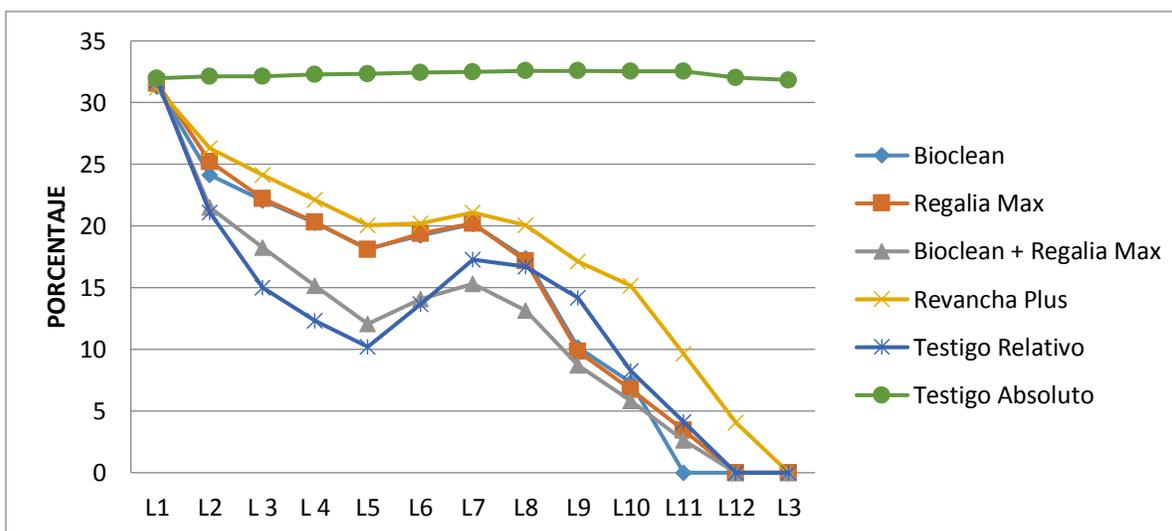
Fuente: Datos de campo (2021)

Como se puede observar en la tabla doce, luego de realizar la prueba de medias de Tukey, los tratamientos en estudio tuvieron diferente comportamiento sobre la variable de respuesta porcentaje de severidad del hongo, teniendo la menor tasa de crecimiento el fungicida Bioclean, que de igual manera mantiene la misma tendencia en el comportamiento del resultado anterior sobre el efecto del porcentaje incidencia.

Por lo tanto, los resultados de la severidad observados en la tabla doce tiene una alta correlación con los resultados obtenidos de los análisis de incidencia y el desarrollo de las curvas de la enfermedad, que expresa el tratamiento seis (testigo absoluto) en el que se incrementa la severidad de la enfermedad seguido del tratamiento cuatro (Revancha Plus) siendo este un fungicida preventivo, por esta razón es que una vez instalado el hongo *C. fimbriata* en el árbol permite el crecimiento de la infección, ya que su efecto del fungicida Revancha Plus no es curativo sino preventivo. Los tratamientos que tuvieron un mejor resultado en el porcentaje de severidad fueron los tratamientos 1 (Bioclean) y 5 (testigo relativo), el cual reducen la tasa de crecimiento del hongo, erradicando gradualmente el hongo conforme se están aplicando los productos.

Figura 18

Comportamiento de las medias del porcentaje de severidad de C. fimbriata de los tratamientos evaluados.



Fuente: Datos de campo (2021)

En la figura 18 se puede observar el comportamiento de las medias del porcentaje de severidad del hongo *C. fimbriata* de los seis tratamientos en estudio, como se puede ver en la figura el comportamiento de los resultados el efecto que hace el fungicida al ser aplicado sobre el panel de pica, teniendo un comportamiento decreciente a lo largo de los diferentes muestreos que incluyó el ensayo, pero también se observa que el tratamiento donde no se aplicó ningún fungicida (testigo absoluto), el comportamiento de la curva nos indica que mantuvo presencia del hongo *C. fimbriata* durante toda la investigación, esto se debe que al no aplicar ningún tratamiento de curación, el hongo tiende a vivir dañando al huésped con su expansión de crecimiento y en ocasiones hasta matar al individuo, si no se logra realizar ningún control preventivo o curativo.

4. Identificación del tratamiento con mayor eficacia en el control de *C. fimbriata* en el panel de pica de los árboles de *H. brasiliensis*

La tabla 13 resume el porcentaje de eficacia de los seis tratamientos evaluados, en árboles de *H. brasiliensis* infectados con *C. fimbriata*, calculado en base al testigo absoluto y la severidad de cada tratamiento.

Tabla 13

Comportamiento de la eficacia de los tratamientos en el control de C. fimbriata.

Tratamiento	Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Lectura6	Lectura7	Lectura8	Lectura9	Lectura10	Lectura11	Lectura12	Lectura13
Bioclean	0.00	24.73	31.22	37.22	43.86	41.10	38.01	46.62	68.77	77.69	100.00	100.00	100.00
Regalia Max	0.00	21.49	30.82	37.14	43.95	40.16	37.89	47.32	69.80	79.29	79.29	100.00	100.00
Bioclean + Regalia Max	0.00	33.08	43.20	52.98	62.73	56.54	52.80	59.47	73.18	82.30	91.96	100.00	100.00
Revancha Plus	0.00	18.04	24.86	31.52	37.98	37.59	35.06	38.61	47.47	53.73	53.73	87.32	100.00
Testigo Relativo	0.00	34.31	53.19	61.85	68.36	57.84	46.82	48.75	56.49	74.83	74.83	100.00	100.00

Fuente: Datos de campo (2021)

En la tabla trece se muestra el resultado del comportamiento del porcentaje de eficacia obtenido en el campo, la cual se fue manejando de acuerdo a los resultados de la toma de datos de cada lectura anterior, siendo esta la covariable de la investigación, por lo tanto era el indicativo del número de las aplicaciones de los fungicidas que se realizaron, hasta lograr contrarrestar el daño del hongo *C. fimbriata* en los árboles de *H. brasiliensis* en estudio. Posteriormente se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar estadísticamente cual fue el mejor tratamiento que presentó la mejor eficacia en el control de *C. fimbriata* en los árboles de estudio.

En la tabla 14 que se presenta a continuación muestra los resultados del análisis de covarianza para la variable porcentaje de eficacia de *C. fimbriata* para saber si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 14

Resultados del análisis de covarianza para la variable porcentaje de eficacia de C. fimbriata

FV	GL	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10
COV	1	0.63	0.18	0.09	0.05	0	0.14	0.02	0	0.02	0
TRA	5	20.83**	1.55**	2.25**	2.08**	8.28**	13.3**	68.12**	31.04**	294.56**	170.31**
BLO	3										
ERROR	14										
TOTAL	23										

Fuente: Datos de campo (2021)

Como se observa en la tabla 14, en todos los tratamientos existió diferencia significativa la cual empezó hasta la segunda la lectura. Esto debido a que en la primera lectura solo fue la observación del hongo. Posteriormente para establecer cuál fue el mejor tratamiento se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, los resultados se presentan en la tabla 15.

Tabla 15

Resultado de la prueba de medias de Tukey de la variable porcentaje de eficacia sobre el control de C. fimbriata.

TRA	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
T1	34.14 c	38.67 c	42.60 c	37.83 c	38.13 c	44.13 b	56.18 b	61.90 c	90.39 a	90.74 a
T2	34.36 c	38.70 c	42.67 c	37.30 c	38.07 c	44.57 b	56.74 b	63.04 b	71.64 c	89.95 b
T3	40.16 b	45.34 b	50.90 b	51.80 b	46.47 a	47.64 a	57.60 a	65.29 a	74.47 b	90.05 b
T4	31.06 d	36.62 d	40.17 d	34.17 d	36.43 d	40.29 d	44.56 d	46.87 e	55.03 e	68.50 c
T5	45.75 a	40.51 a	52.82 a	54.14 a	43.01 b	43.03 c	48.66 c	59.77 d	69.22 d	89.87 b
Tuckey	0.67	0.67	0.25	0.81	0.57	0.57	0.83	0.05	1.35	0.46

Fuente: Datos de Campo (2021).

De acuerdo al resultado de la prueba de medias de Tukey de la variable porcentaje eficacia sobre el control de *C. fimbriata*, el mejor tratamiento fue el tratamiento uno compuesto por el fungicida Bioclean seguido por los tratamientos 2 (Regalía Max), 3 (Bioclean + Regalía Max) y 5 (Testigo Relativo), posteriormente el peor

tratamiento en eficacia en el control de *C. fimbriata* fue el tratamiento 4, donde se aplicó Revancha Plus.

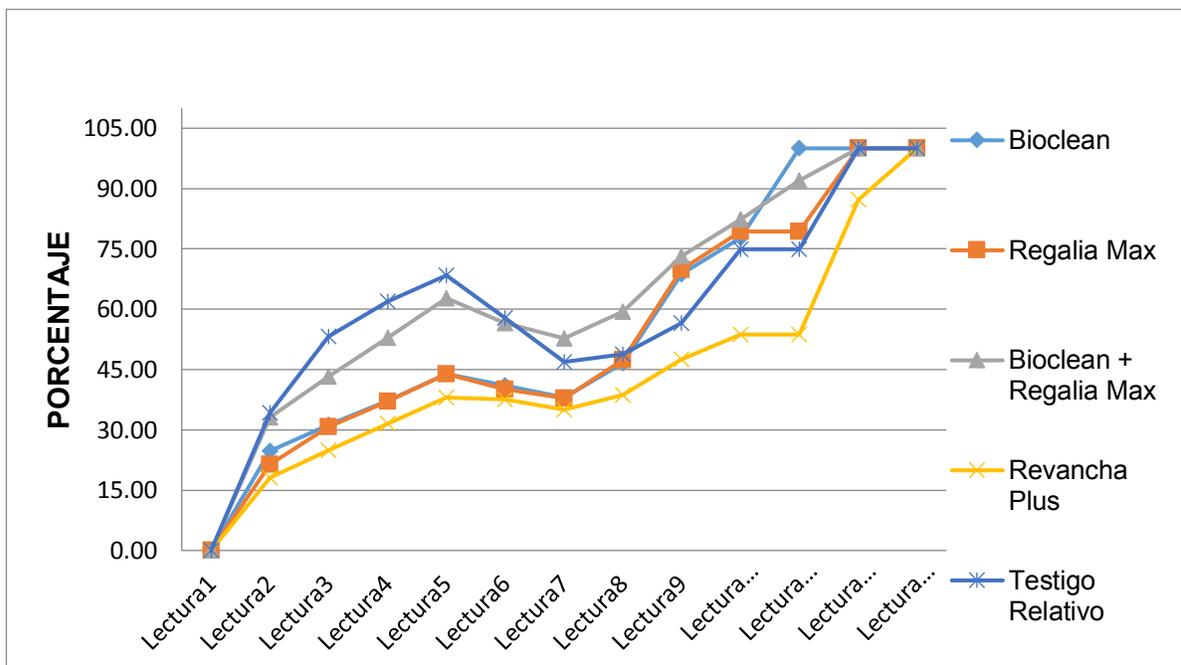
El tratamiento uno siempre presentó una mejor eficiencia sobre el control de *C. fimbriata* durante toda la investigación y en la tabla 15 se afirma con la prueba múltiple de medias de Tukey evaluado al 5% de significancia, teniendo un resultado de una media del 90.74%, como ya se ha discutido con anterioridad esto se debe a que es un producto preventivo y a la vez curativo, erradicando el hongo gradualmente.

Comparando con el T₄ (Revancha Plus), por ser este un producto preventivo no tiene la capacidad de erradicar el hongo, pero si se recomienda aplicar este producto antes de que comiencen las lluvias como manera de prevención y luego continuar con una aplicación, pero de manera curativa.

Para una mejor interpretación de los resultados, se presenta a continuación la siguiente figura.

Figura 19

Comportamiento de las medias del porcentaje de eficacia sobre C. fimbriata de los tratamientos evaluados.



Fuente: Datos de campo (2021).

Se puede observar en la figura 19 el comportamiento de las medias del porcentaje de eficacia sobre *C. fimbriata*, que tuvo un comportamiento creciente desde la primera aplicación hasta el último, el cual se marca drásticamente la curva de las aplicaciones que dieron durante la investigación.

Luego de los doce muestreos disminuyeron drásticamente la severidad de la enfermedad y por ende la eficacia fue significativa en cada producto utilizado. El tratamiento uno presentó un porcentaje ligeramente mayor que el resto de los productos utilizados.

La eficacia de los fungicidas no solo se da en la aplicación del producto, sino también es necesario complementar las prácticas culturales, desinfección de las herramientas, esto para evitar que el hongo se propague en toda la plantación, y no solo ayuda a que el producto sea eficaz si no también indirectamente se pueden

disminuir costos a corto o mediano plazo, pero también es importante mencionar que teóricamente hay que recordar que los fungicidas son un componente vital en el manejo de una enfermedad.

5. Realización de un análisis de costos específicos de cada uno de los tratamientos implementados en la investigación

Para el análisis de costos específicos, se procedió a estructurar en una tabla los costos de aplicación para cada uno de los tratamientos, estimando el número de aplicaciones que se realizaron, presentando los resultados en la tabla 16.

Tabla 16

Costos de aplicación de cada uno de los tratamientos evaluados, durante la investigación.

Descripción de Tratamientos	No. de Aplicaciones	Costo producto Aplicado	Mano de obra	Costo Total	Costo por aplicación
T ₁ . BioClean	10	Q85.00	Q480.00	Q565.00	Q 56.50
T ₂ . Regalia maxx	11	Q65.50	Q480.00	Q545.50	Q 49.60
T ₃ . BioClean + Regalía maxx	11	Q150.50	Q480.00	Q630.50	Q 57.30
T ₄ . Revancha Plus	12	Q75.00	Q480.00	Q555.00	Q 46.25
T ₅ . Testigo Relativo	11	Q151.63	Q480.00	Q631.63	Q 57.40
T ₆ . Testigo absoluto	0	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00

De acuerdo a los resultados de la tabla 16, se determinó que económicamente el tratamiento que presenta un menor costo es el tratamiento cuatro con tan solo Q 46.25, donde se utilizó el fungicida Revancha Plus, posteriormente le continua el tratamiento dos con un costo de Q 49.60, donde se aplicó el fungicida Regalía Maxx, luego le sigue el tratamiento uno con un costo de Q 56.50, donde se aplicó el fungicida Bioclean el cual estadísticamente fue el mejor tratamiento pero no así el más económico, luego le siguen los tratamientos 3 (Bioclean + Regalía maxx) y el tratamiento 5 (Testigo relativo) donde prácticamente no hubo ningún costo.

Según Pineda, A. (2006), concluye que en el costo del control fitosanitario de los fungicidas evaluados varía por cada tratamiento, teniendo el costo más elevado el

tratamiento que mejor resultado obtuvo durante la investigación, donde se evaluó el fungicida Mancozeb y el tratamiento que tuvo el menor costo fue el tratamiento sin control, pero, al momento del análisis de los costos y el efecto que se obtuvo en el incremento de la producción mediante el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) arrojó que el tratamiento donde se evaluó Mancozeb presentó una Tasa Marginal de Retorno más alta de 521.17% con un límite de afección por Mancha Mohosa de un 4.55% sobre el panel de pica, esto quiere decir, que por cada quetzal invertido se obtuvo adicionalmente Q. 5.21 (cinco quetzales con veintiuno centavos).

Esto quiere decir que las aplicaciones de tecnologías, implica un incremento de costos, pero el propósito es que también se incremente la producción, por lo tanto el tratamiento (T1) que estadísticamente tuvo un mejor control sobre el hongo *C. fimbriata* de acuerdo a las pruebas múltiples de medias de Tukey al 5% de significancia, económicamente no presentó los costos específicos más bajos, pero se puede tomar en consideración que es más recomendable aplicar el fungicida que mejor control obtuvo tanto en el porcentaje de incidencia como en el porcentaje de severidad sobre el hongo *C. fimbriata*, pero se está asegurando una menor tasa de crecimiento de enfermedades sobre la plantación de *H. brasiliensis* como también la vida útil del árbol.

VII. CONCLUSIONES

1. Los resultados de laboratorio de los tratamientos son muy similares a los resultados obtenidos en campo (incidencia y severidad), estadísticamente con una significancia del 5% el tratamiento uno (BioClean) resultó ser el mejor en cuanto al efecto que tuvo en controlar el desarrollo de *C. fimbriata*, llegando a tener un resultado final de 2.57 cm de diámetro, seguido por el testigo relativo con 3.47 cm de diámetro de la colonia.
2. De acuerdo a la prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia, estadísticamente el tratamiento que presentó un mejor resultado fue el T₁ (donde se aplicó el fungicida BioClean, reduciendo el porcentaje de incidencia de un 76.5% inicial a un 0% final de la enfermedad *C. fimbriata* en tan solo 10 aplicaciones de las 12 que se habían propuesto aplicar.
3. En cuanto a la variable porcentaje severidad, estadísticamente al 5% de significancia el tratamiento que presentó la menor tasa de crecimiento del hongo en un menor número de aplicaciones (10 aplicaciones) fue el T₁ (Bioclena), llegando a tener un control de 0% de severidad al final de la investigación.
4. El T₄ (Revancha plus) estadísticamente al 5% de significancia, fue el menos efectivo de los tratamientos orgánicos tanto en la variable de respuesta porcentaje incidencia como en porcentaje de severidad y esto se debe a que su modo de acción es preventivo más no curativo.
5. De acuerdo a la variable de respuesta eficacia de los productos sobre el control de *C. fimbriata*, el mejor fue el fungicida Bioclean que está compuesto a base de *Lactobacillus* y metabolitos de *trichoderma harzianum*
6. Económicamente los tratamientos dos (Regalia maxx) y cuatro (Revancha plus), fueron los que presentaron menor costo de aplicación, Q46.25, Q49.60 respectivamente y los tratamientos uno (BioClean), tres (BioClean + Regalía maxx) y cinco (Testigo relativo) fueron los que presentaron los mayores costos de aplicación con Q56.50, Q57.30 y Q57.40 respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda la aplicación del fungicida biológico a base de *Lactobacillus* y metabolitos de *trichoderma harzianum* un día después de realizar la pica, con aplicaciones al menos cada ocho días para el control y prevención de *C. fimbriata* durante la época lluviosa.
2. Utilizar productos biológicos para evitar que se reduzca la tasa de regeneración de la corteza y así mismo evitar destrucción total en el panel de pica, lo que evitaría la obstrucción del sistema laticífero y por lo tanto buena producción.
3. Se recomienda llevar un registro de los factores climáticos influyentes en el desarrollo de la enfermedad como temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial y así mismo llevar un registro del comportamiento de *C. fimbriata* junto con dichos factores.
4. En cuanto a la eficacia de los productos a utilizar se recomienda implementar prácticas culturales, como la eliminación de la maleza a una altura no menor de 10 cm para evitar humedad, la desinfección de las herramientas a utilizar en la pica antes de su uso con una solución de formalina al 1%, o cloro al 1%, para evitar que se propague el hongo.
5. De acuerdo al análisis de los costos a pesar de que el tratamiento (T₁) que estadísticamente tuvo un mejor control sobre el hongo *C. fimbriata* de acuerdo a las pruebas múltiples de medias de Tukey al 5% de significancia, económicamente no presentó el costo más bajo, pero se puede tomar en consideración y es más recomendable aplicar el fungicida que mejor control obtuvo tanto en el porcentaje de incidencia como en el porcentaje de severidad sobre el hongo *C. fimbriata*, porque a través de ello mejora la producción y a la vez compensa la inversión de los costos y también asegura una menor tasa de crecimiento de enfermedades sobre la plantación de *H. brasiliensis*.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). (2004). *Cultivo de Hule*. Programa de Diversificación de Ingresos en la empresa Cafetalera.
2. Aktiengesellschaft, B. (1989). *Procedimiento para la lucha contra los hongos*. Recuperado el 08 de mayo de 2019 http://www.espatentes.com/pdf/2019_920_b3.pdf
3. Bayer. (2015). *Bayfidan 250 dc*. Recuperado el 20 de julio de 2019: <http://www.syria.cropscience.bayer.com/en/Products/Fungicides/BayfidanEC-250.aspx>
4. Bayer. (2015). *Silvacur combi ec 300*. Recuperado el 20 de julio de 2019: <https://www.cropscience.bayer.co/es-CO/Productos-e-innovación/Productos-Fungicidas/SILVACUR-COMBI-EC-300.aspx>
5. Bayer. (2015). *Verita 71,1. wg*. Recuperado el 20 de Julio de 2019: <https://www.bayercropscience-ca.com/es/Productos/Fungicidas/Verita.aspx>
6. Bayer. (2016). *Derosal 500 D*. Recuperado el 20 de julio de 2019: <http://dunemexicali.com.mx/archivos/AGROQUIMICOS/PROTECCION%20DE%20CULTIVOS/CONVENCIONALES/FUNGICIDAS/BAYER/DEROSAL%20500D/DEROSAL%20500D%20HT.pdf>
7. Bayer. (2017). *Aliette 80 wg*. Recuperado el 21 de julio de 2019: <https://www.bayercropscienceca.com/es/Productos/Fungicidas/Aliette.aspx>
8. Cifuentes, J. (2011). *Experiencias en el sistema de pica del cultivo de hule. (Hevea Brasiliensis Mull)*, en la finca el Carmen, Aldea el Silencio, Coatepeque Quetzaltenango. (Tesis de Sistemas de Producción Agrícola). Facultad de

Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 18 de enero de 2020: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2649.pdf

9. Compagnon, P. (1986). *El caucho natural, biología, cultivo producción*. México, DF. Departamentos de cultivos perennes. Consejo Mexicano de Hule. Gremial de Huleros de Guatemala.
10. Cruz Argueta, C. (1990). *Evaluación de doce programas fungicidas en el control de la mancha mohosa (Ceratomyces fimbriata) en el tablero de pica del hule (Hevea brasiliensis) en el municipio de Morales, Izabal, Guatemala*. (Tesis de Sistemas de Producción Agrícola). Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
11. De León, M. (2013). *Diagnóstico de la situación actual del cultivo de hule (Hevea brasiliensis), en finca San José Chitalón, S.A.* (Diagnóstico PPS Técnico en Producción Agrícola). Mazatenango, Suchitepéquez. USAC CUNSUROC.
12. De León, M. (2012). *Análisis epidemiológico de Ceratomyces fimbriata en respuesta a la aplicación de fungicidas al panel de pica en el cultivo de hule; Coatepeque, Quetzaltenango*. (Tesis de Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales). Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
13. Disagro. (2017). *Bioclean*. Recuperado el 13 de junio de 2019: http://www.disagro.com/sites/default/files/downloads/biocleanhojatecnia_1.pdf
14. Foragro. (2018). *Halt 10 sl*. Recuperado el 21 de julio de 2019: <http://www.foragro.com/producto/index/5/413>
15. Foragro. (2018). *Foral 80 wp*. Recuperado el 21 de julio de 2019: <http://www.foragro.com/producto/index/3/305>

16. Foragro. (2018). *foraxil 24 ec*. Recuperado el 21 de julio de 2019: <https://www.afecor.com/wpcontent/uploads/2018/02/FORAXILMETAAXYL.pdf>
17. Foragro. (2018). *Luxazim 50 sc*. Recuperado el 21 de julio de 2019: <http://www.foragro.com/producto/index/4/176>
18. GREMHULE. (Gremial de Huleros de Guatemala, GT). (1997). *Toma de datos porcentaje de severidad*. Carta Informativa no.3.
19. GREMHULE. (Gremial de Huleros de Guatemala) (2010). *Manual práctico 2010 del cultivo de hule (Hevea brasiliensis)*. Guatemala, GT.
20. Holdridge, L. R. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. Por Humberto Jiménez Saa. San José, C R. IICA.
21. Ordoñez, A. (2018). *Evaluación de dos fungicidas biológicos reynoutria sachalinensis, lactobacillus y metabolitos de trichoderma harzianum en la etapa de crecimiento vegetativo de tabaco (nicotiana tabacum L.) para el control de (fusarium spp)*. En Tiquisate, Escuintla, Guatemala. (Informe Diagnóstico y servicios de Sistemas de Producción Agrícola). Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
22. Orozco, M. (2011). *Comparación de cuatro productos de origen orgánico, aplicado al panel de pica, para producción de látex en hule (Hevea brasiliensis Muell, Arg. Euphorbiaceae, En finca Guanacaste, Coatepeque, Quetzaltenango*. (Tesis de Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales). Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
23. Palencia J., C. V. (2010). *Manual general del cultivo del hule (Hevea brasiliensis)*. (Tesis de Agronomía). Guatemala, GT. USAC. F.A. Instituto de Investigaciones Agronómicas.

24. Palala, F. (2015). *Evaluación de productos orgánicos y químicos para el control de mal rosado Corticium salmonicolor, en el cultivo de hule Hevea brasiliensis en finca Chitalón S.A. Mazatenango, Suchitepéquez.* (Tesis de Agronomía Tropical). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente. Mazatenango, Suchitepéquez, GT.
25. Pérez, M. (2013). Botánica y jardines. *Fallopia sachalinensis*. Recuperado de <http://www.botanicayjardines.com/fallopia-sachalinensis/>
26. Pineda, A. (2006). *Evaluación de 5 fungicidas para el control de Ceratocystis fimbriata Ellis & Halst causante de la mancha mohosa en el panel de pica en hule (Hevea brasiliensis Mull. Arg.) En San Miguel Panan, Suchitepéquez.* (Tesis de Sistemas de Producción Agrícola). Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
27. Simons, CS., Taráno T., J.M. & Pinto Z., J.H. (1959). *Clasificación de los suelos de la República de Guatemala.* Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, GT. Edit. José de Pineda Ibarra.

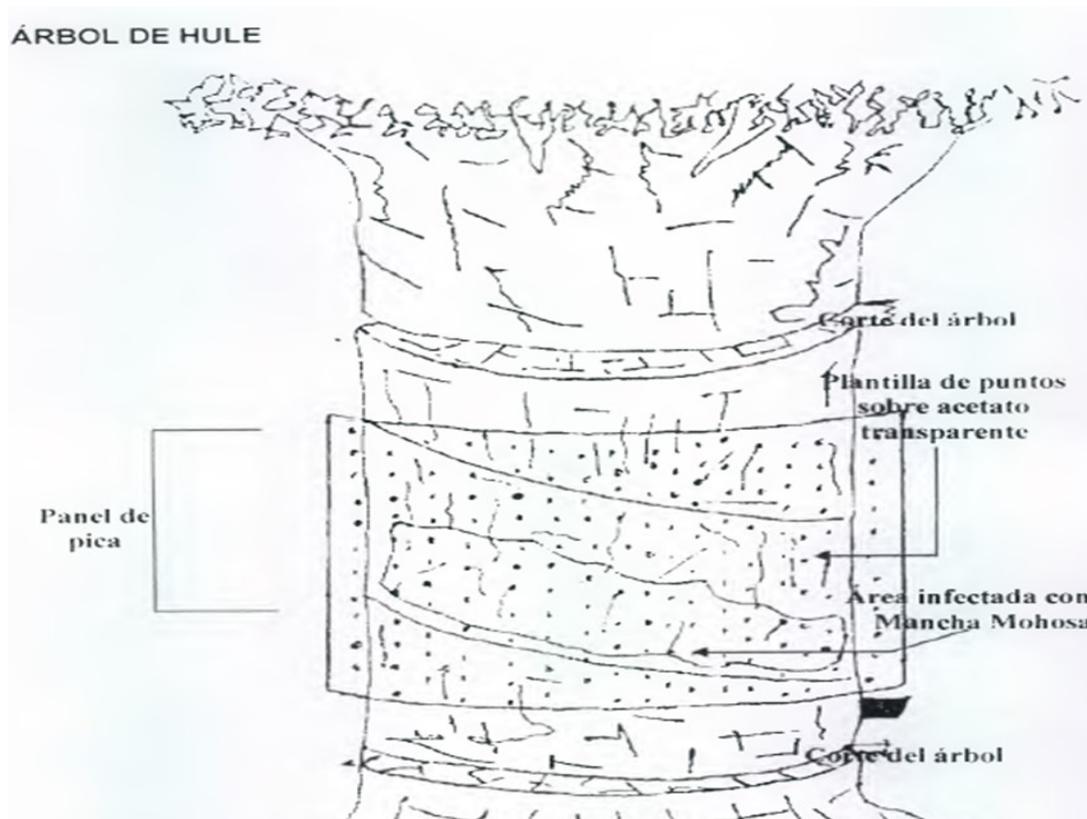
Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS

Figura 20

Ejemplo de la toma de datos del porcentaje de severidad de *C. fimbriata*,



Fuente: Gremial de huleros de Guatemala (1997)

Figura 21

Panel de pica infectado de *C. fimbriata*



Figura 22

Toma de lectura del porcentaje de severidad de *C. fimbriata*



Medición del porcentaje de severidad de Ceratocystis fimbriata.

Figura 23



Figura 24.

Preparación de los tratamientos evaluados.



Tabla 17

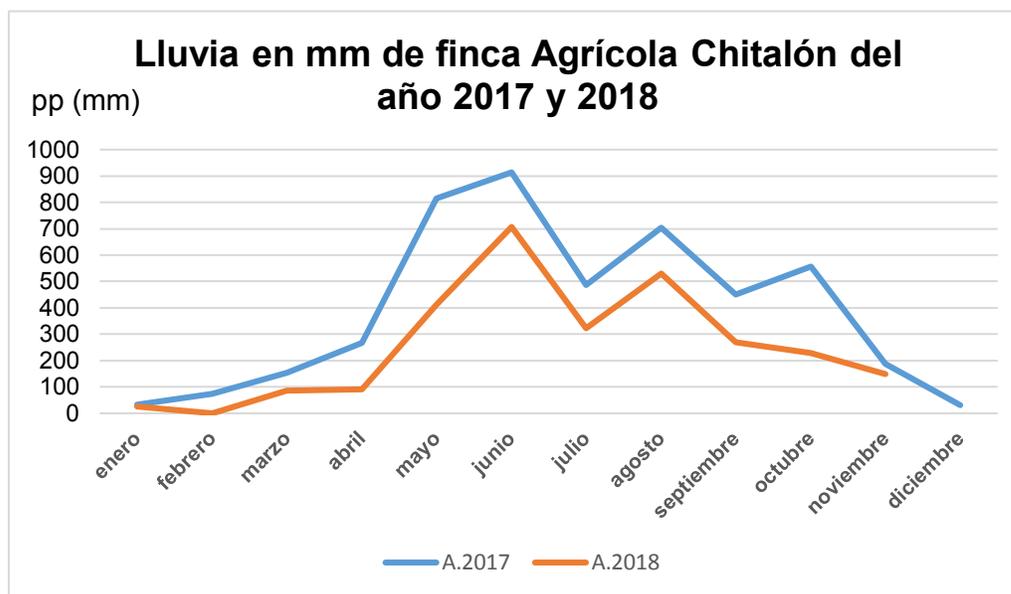
Reporte de lluvia en mm para el año 2017 y 2018.

Lluvia en mm	Finca Chitalón	
	A.2017	A.2018
Enero	33	25
Febrero	73	0
Marzo	153	87
Abril	266.5	90
Mayo	815	411
Junio	914	707
Julio	487	323
Agosto	705	531
Septiembre	450	270
Octubre	556	229
Noviembre	188	150
Diciembre	31	

Fuente: Agrícola Chitalón, (2018).

Figura 245

Comportamiento de la precipitación pluvial en mm para el año 2017 y 2018 en finca agrícola Chitalón.



Fuente: Agrícola Chitalón, (2018).

Tabla 18

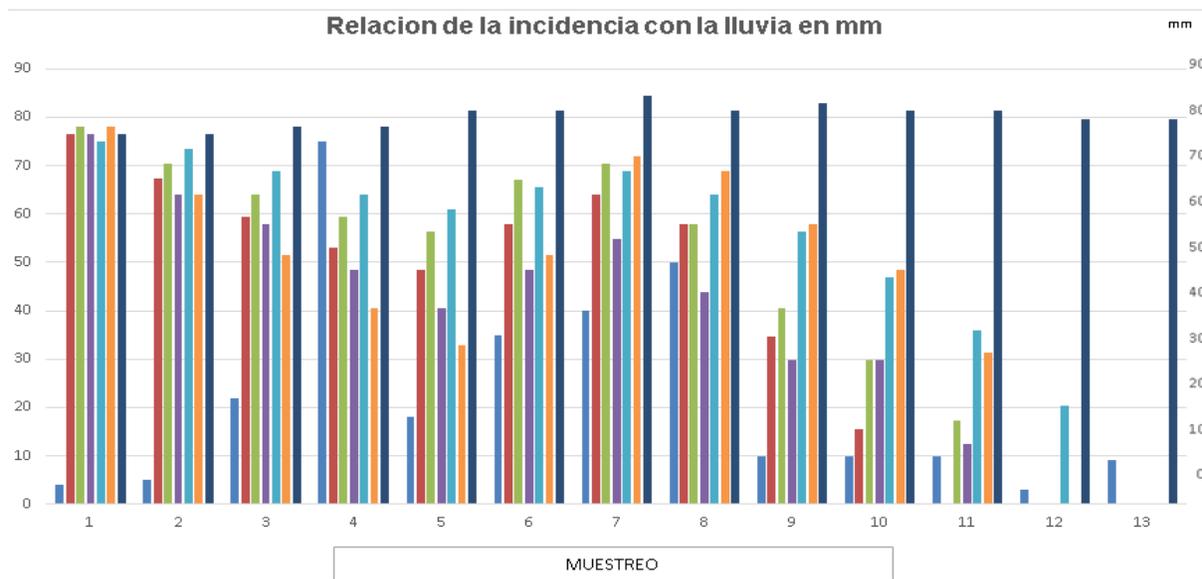
Incidenca de los seis tratamientos evaluados durante los 13 muestreos en relación con la precipitación pluvial.

Muestreo	Lluvia mm	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	4	76.5	78.1	76.5	74.9	78.1	76.5
2	5	67.2	70.3	64.05	73.4	64.02	76.5
3	22	59.37	64.06	57.81	68.75	51.56	78.1
4	85	53.12	59.37	48.43	64.06	40.62	78.1
5	18	48.44	56.25	40.62	60.93	32.81	81.25
6	25	57.81	67.18	48.44	65.63	51.56	81.25
7	40	64.06	70.31	54.68	68.75	71.87	84.38
8	50	57.81	57.81	43.75	64.06	68.75	81.25
9	10	34.75	40.62	29.68	56.25	57.81	82.81
10	10	15.62	29.68	29.68	46.87	48.43	81.25
11	10	0	17.18	12.5	35.93	31.25	81.25
12	3	0	0	0	20.31	0	79.68
13	9	0	0	0	0	0	79.68

Fuente: Datos de campo (2021)

Figura 26

Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de C. fimbriata, en relación con la precipitación pluvial en mm, en finca Agrícola Chitalón.



Fuente: Datos de campo (2021)

Tabla 19

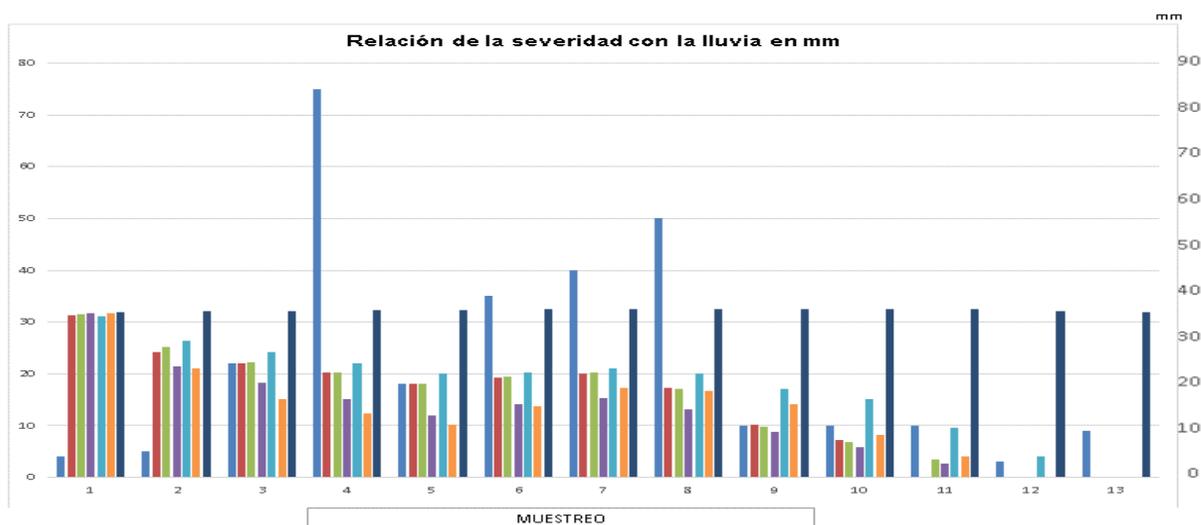
Severidad de los seis tratamientos evaluados durante los 13 muestreos en relación con la precipitación pluvial.

Muestreo	Lluvia mm	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	4	31.28	31.57	31.77	31.2	31.78	31.97
2	5	24.16	25.2	21.48	26.31	21.1	32.11
3	22	22.08	22.21	18.23	24.12	15.03	32.11
4	75	20.27	20.3	15.18	22.12	12.32	32.3
5	18	18.14	18.11	12.04	20.04	10.22	32.32
6	35	19.24	19.4	14.08	20.24	13.66	32.42
7	40	20.14	20.19	15.33	21.1	17.28	32.49
8	50	17.38	17.15	13.17	20.05	16.69	32.57
9	10	10.17	9.83	8.73	17.1	14.17	32.57
10	10	7.3	6.77	5.8	15.14	8.23	32.56
11	10	0	3.43	2.61	9.64	4.12	32.53
12	3	0	0	0	4.05	0	32.02
13	9	0	0	0	0	0	31.84

Fuente: Datos de campo (2021)

Figura 27

Comportamiento de la variable porcentaje de severidad de Ceratocystis fimbriata, en relación con la precipitación pluvial en mm, en finca Agrícola Chitalón



Fuente: Datos de campo (2021)

Mazatenango, 11 de febrero de 2021

Ing. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ing. Tobar:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que me fuera asignado he procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación de la estudiante Nely Del Rosario Castro Morales, Carné 200942085, el cual lleva por título **Evaluación de fungicidas biológicos para el control del *Ceratocystis fimbriata*, moho gris, en el cultivo de *Hevea brasiliensis*, hule, en finca Agrícola Chitalón S.A. Mazatenango Suchitepéquez.**

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, considero que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este centro universitario y firmo la presente, dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, me suscribo de su persona,

Atentamente,



Ing. Agr. M.A. Héctor Rubén Posadas Ruíz
Supervisor – Asesor
Carrera de Agronomía Tropical



Mazatenango, 5 de Julio de 2021.

Licenciado Luis Carlos Muñoz López
 Director en funciones
 Centro Universitario del Suroccidente.
 Universidad de San Carlos de
 Guatemala. Su despacho.

Señor Director:

Con fundamento en el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que la estudiante T.P.A. Nely Del Rosario Castro Morales, quien se identifica con número de carné 200942085, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE Ceratocystis fimbriata, MOHO GRIS, EN EL CULTIVO DE Hevea brasiliensis, HULE, EN FINCA AGRÍCOLA CHITALÓN S. A. MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ”** el cuál fue asesorado por el Ingeniero Agrónomo Héctor Rubén Posadas Ruíz, lo que se demuestra con nota adjunta que se suma a la presente, incluidas en el presente documento.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que la estudiante T.P.A. Castro Morales, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente.

Auguro muchos éxitos a sus laborales académicas y le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A
 TODOS

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar
 Piril Coordinador Carrera
 Agronomía Tropical





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-46-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, diecinueve de agosto de dos mil veintiuno_____.

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE *Ceratocystis fimbriata*, MOHO GRIS, EN EL CULTIVO DE *Hevea brasiliensis*, HULE, EN FINCA AGRÍCOLA CHITALÓN S.A. MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ", de la estudiante: TPA. Nely del Rosario Castro Morales, carné 200942085 CUI: 1805 78502 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris