

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMIA TROPICAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACION DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA
OCASIONADA POR *Fusarium* sp. y *Verticilium* sp.
EN CULTIVO DE *Macadamia integrifolia*,
FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO.**

**RICARDO ANTONIO SÁNCHEZ NOJ
201641578**

MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ, MARZO DE 2023.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMIA TROPICAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACION DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA
OCASIONADA POR *Fusarium* sp. y *Verticilium* sp.
EN CULTIVO DE *Macadamia integrifolia*,
FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO.**

**RICARDO ANTONIO SÁNCHEZ NOJ
201641578**

**Ing. Agr. M.Sc. HÉCTOR RODOLFO FERNÁNDEZ CARDONA
ASESOR**

MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ, MARZO DE 2023.

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,

Abogado y Notario

Lic. Sergio Román Espinoza Antón

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lcda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador del Área Social Humanista

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos

Coordinador Carreras de Periodista Profesional y

Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

MSc. Juan Pablo Ángeles Lam



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL
Mazatenango, Suchitepéquez, gt

Mazatenango, septiembre de 2022.

Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Miembros del Consejo Directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACION DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA OCASIONADA POR *Fusarium* sp. Y *Verticilium* sp. EN CULTIVO DE *Macadamia integrifolia*, FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO.”**, presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrarias.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“Id y enseñad a todos”

TPA. Ricardo Antonio Sánchez Noj
Carné 201641578

ACTO QUE DEDICO A:

AL ETERNO: Dador de la vida, fuente de sabiduría e inspiración.

MIS PADRES: Julio Sánchez y Enma Noj por haber depositado en mí la confianza para culminar mis estudios y en todo momento apoyarme incondicionalmente a superar mis metas trazadas.

MIS ABUELITOS: Diego Noj, Feliza Alonzo, Marco Sánchez y Floridalma Rivera, por ser la fuente de sabiduría terrenal y proveerme de consejos en todos los aspectos de mi vida, tanto profesionales como personales.

HERMANOS Y PRIMOS: Odalis Sánchez y Dulce Sánchez, por ser mis ejemplos a seguir, apoyarme en mis sueños y metas; y mis primos Jeremy Linares, Abner Marroquín, Damaris Marroquín, Génesis Marroquín, Jared Noj, Oliver Quiej, Josselyn Machic, Iveth Machic, Evans García, son una alegría en la familia.

MI NOVIA: Anelise, por ser motivo de alegrías, inspiración, me alientas a seguir adelante y has creído en mí, que soy capaz de lograr a cumplir mis metas, gracias por el amor que me has dado y los momentos que he compartido con usted y con Richard, Los Amo.

FAMILIA EN GENERAL: A mis tías Noj Alonzo, Iris, Sandra, Lourdes y Silvia; a mis tíos, Jorge y Edwin, por ser parte muy importante en una etapa de mi formación profesional y siempre creer que esta era la carrera adecuada para mí. Tíos Sánchez Rivera: Rubén, Ismael y Flor de María.

PROMOCIÓN AGRONOMIA TROPICAL 2016-2020

A mis amigos de vida y compañeros de estudios, todos y cada uno forman parte importante de mi vida, con los cuales inicié esta etapa de formación, única en la rama de Agronomía: Danny Chovón, Gerson Bercian, Emanuel Ordoñez, Kevin Flores, Kevin Lopreto, Giovanni Chanchavac, Eitzel García, Todos y cada uno sin importar el orden merecen mención.

AMIGOS EN GENERAL

Vilda Valle, mi amiga y hermana del alma, por estar conmigo y por sus consejos sabios que ha compartido conmigo. Jimmy Galindo, Michael Sánchez, por 15 años de convivencia, compañeros de juventud y por sus consejos y lecciones de vida.

AGRADECIMIENTOS

MIS ASESORES

Ing. M.Sc. Héctor Fernández Cardona e Ing. Agr. Carlos Mota Catux

Por haberme guiado en este camino de la realización de la investigación y en el Ejercicio Profesional Supervisado, por haberme proporcionado los conocimientos necesarios para llegar a un feliz término, por ayudarme a formarme profesionalmente, tener la paciencia de corregir documentos y permitirme formar lazos de amistad con cada uno, muy agradecido por la oportunidad de formación.

MI SUPERVISOR

Ing. M.Sc. Héctor Fernández Cardona

Por todo el apoyo en el proceso del EPS, así como en la dirección y guía durante la culminación del mismo, tener la paciencia durante esta etapa que al fin culmina. Así mismo por permitirme también formar una amistad en este tiempo transcurrido.

SUPERVISOR OPAX.S.A.

Muy especialmente a Alex Peña por haber influido en el periodo de tiempo del EPS y apoyo en la unidad productiva, por las enseñanzas e impartir el conocimiento de campo de la industria de la macadamia.

FINCA MARIA DEL MAR

Por permitirme estar como epesista y contribuir a mi formación práctica – técnica, a los colaboradores por el apoyo que me brindaron y el conocimiento de campo que impartieron con mi persona.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	vii
SUMMARY	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
1. Marco Conceptual	3
1.1. Origen del cultivo de <i>M. integrifolia</i>	3
1.2. Taxonomía	3
1.2.1. Descripción botánica	4
1.3. Condiciones edafoclimáticas	4
1.4. Manejo agronómico	5
1.5. Principales enfermedades del cultivo de <i>M. integrifolia</i>	10
1.6. Descripción de los principales hongos causantes de enfermedades del cultivo de <i>M. integrifolia</i>	11
2. Marco Referencial	19
2.1. Ubicación geográfica del sitio de evaluación	19
2.2. Condiciones climáticas	20
2.3. Suelos	20
2.4. Variedades de <i>M. integrifolia</i> utilizadas	20
2.5. Descripción de los productos utilizados	21
III. OBJETIVOS	30
1. Objetivo General	30
2. Objetivos Específicos	30

IV.	HIPÓTESIS	31
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
1.	Recursos	32
1.1.	Recursos físicos	32
1.2.	Recursos humanos.....	32
2.	Metodología.....	33
2.1.	Identificar a los agentes patógenos que se asocian a la muerte súbita.....	33
2.2.	Evaluación de la efectividad de los fungicidas	33
2.3.	Desarrollo de la investigación	40
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
1.	Determinación de la presencia de patógenos causantes de muerte súbita.....	43
1.1.	Primer análisis fitopatológico antes de aplicar los tratamientos	43
1.2.	Segundo análisis fitopatológico después de aplicar los tratamientos	44
2.	Evaluación de la efectividad de los tratamientos sobre la incidencia y severidad de muerte súbita	46
2.1.	Incidencia de la enfermedad.....	46
2.2.	Severidad de la enfermedad.....	52
2.3.	Número de brotes tiernos	55
2.4.	Análisis de costos de los tratamientos	58
VII.	CONCLUSIONES	61
VIII.	RECOMENDACIONES	62
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
X.	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

No.	CUADRO	PÁGINA
1.	Precio de la macadamia en el mercado internacional (US dólares por kilo semana No. 12, año 2000).	9
2.	Características de las variedades evaluadas en la investigación.....	20
3.	Nombre comercial, nombre químico y grupo químico de productos evaluados.	21
4.	Dosis para muerte súbita, de productos evaluados.	22
5.	Formulaciones, concentraciones y presentaciones, de productos evaluados.	22
6.	Acción fitosanitaria de los productos evaluados.	23
7.	Modo de acción, de los productos evaluados.	24
8.	Mecanismo de acción, de los productos evaluados.	25
9.	Compatibilidad de los productos evaluados.	26
10.	Toxicidad de los productos evaluados.	27
11.	Precauciones de los productos evaluados.	28
12.	Tratamientos a evaluar para el control de la muerte súbita.	34
13.	Orden de las mezclas de los tratamientos aplicados.	41
14.	Cantidad de producto utilizado en la evaluación experimental.	42
15.	Porcentaje promedio de incidencia de árboles de macadamia enfermos.	47

16. Datos de promedios del primer muestreo de % incidencia obtenidos en campo y datos transformados para uso de andeva.	48
17. Primer análisis de la varianza para la variable respuesta incidencia en árboles de macadamia.	49
18. Datos de promedios del segundo muestreo de % incidencia obtenidos en campo y datos transformados para uso de andeva.	50
19. Segundo análisis de varianza para la variable respuesta Porcentaje de Incidencia en árboles de Macadamia.	50
20. Análisis de Prueba de medias según tukey para la variable respuesta Porcentaje de Incidencia en árboles de Macadamia.	51
21. Datos recolectados en campo de Numero de brotes nuevos y datos transformados para uso de Andeva.	56
22. Análisis de la varianza para la variable número de brotes nuevos.	56
23. Análisis de varianza para la variable respuesta del número de brotes nuevos en árboles de Macadamia.	57
24. Resumen de costos totales de los tratamientos evaluados.	59
25. Costos fijos de la evaluación experimental.	71
26. Costos variables de los tratamientos evaluados.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	FIGURA	PÁGINA
1.	Producción de nuez de macadamia.	8
2.	Representación esquemática de los ciclos de vida generalizados de los principales grupos de hongos fitopatógenos.	11
3.	Ciclo de vida del hongo <i>Collelotrichum</i> sp.	12
4.	Conidióforos y conidios de <i>Cylindrocladium</i> sp.	14
5.	Ciclo de vida de <i>Verticillium</i> sp.	15
6.	Ubicación de la parcela de investigación.	19
7.	Croquis de la parcela bruta de investigación.	37
8.	Croquis de parcela neta.	38
9.	Escala de severidad de árboles enfermos por muerte súbita.	39
10.	Resultado del primer análisis fitopatológico, en laboratorio Analab.	43
11.	Resultado del segundo análisis fitopatológico, en laboratorio Analab.	44
12.	Incidencia (%) antes y después de los tratamientos.	47
13.	Porcentaje promedio del grado de severidad de la enfermedad.	53
14.	Porcentaje de eficacia de los tratamientos según la metodología de Henderson - Tildón.	54
15.	Incidencia de muerte súbita, por medio de un muestreo general de cada parcela en finca María del Pilar.	68

16. Árbol enfermo por muerte súbita, en parcela Esperanza, en finca María del Pilar...68	
17. Toma de lecturas de emisión de brotes nuevos, en árboles de macadamia, en finca María del Pilar.69	
18. Aplicación de los tratamientos, en la parcela Esperanza, en Finca María del Pilar..69	
19. Prueba de medias de Tukey, de emisión de brotes nuevos en árboles de Macadamia.70	
20. Muestreo en árboles de macadamia. Zona foliar a tercer medio de la copa del árbol.....70	

RESUMEN

Finca María del Pilar se ubica en el Caserío Nueva Santa Rosa del municipio de Colomba Costa Cuca, departamento de Quetzaltenango, colinda al norte con la ciudad de Colomba y finca El Transito, al oeste con caserío Nueva Santa Rosa, al este con finca La Perla y al suroeste con finca La Fama.

La principal actividad de la unidad de práctica es la producción comercial de *M. integrifolia*, la unidad productiva está dividida en cinco secciones, Esperanza, Esmeralda, Trinidad, San José y Guadalupe.

En las cinco secciones de la finca, es notable que árboles sufran la enfermedad de muerte súbita, determinándose por medio de un muestreo que la incidencia en la sección Esperanza es de 16,41% de árboles enfermos (el umbral de daño económico es de 15 a 20%). A comparación de las otras secciones que reportaron menor cantidad de porcentaje en incidencia. Por lo tanto, se realizó una evaluación, con aplicaciones de ocho fungicidas, empleando un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con tres repeticiones, ocupando un área de 5.43 ha. Cada unidad experimental se conformó por 20 árboles. Se evaluaron ocho tratamientos, incluidos un testigo absoluto (sin aplicación) y un testigo relativo (Carbendazim).

Los análisis fitopatológicos que se realizaron, determinaron que los agentes causales de muerte súbita que presentaban en sintomatología en los árboles de finca María del Pilar, es ocasionada por los hongos *Verticillium* sp. y *Fusarium* sp.

Estadísticamente con una significancia de 0.05 se acepta la hipótesis nula, es decir que todos los tratamientos presentan el mismo efecto en cuanto a la variable incidencia porcentaje respuesta. Los tratamientos (T1.....a T8) reducen el porcentaje de incidencia y funcionan como preventivo para árboles con síntomas de muerte súbita; Además, en cuanto a la variable respuesta a la severidad, el tratamiento con T6 redujo la severidad en un 10%. En este tratamiento se recuperaron dos árboles que estaban en Escala de Severidad 2 (moderadamente enfermos) con un porcentaje de 26 a 50% de severidad, pasando a Escala de Severidad 1 (levemente enfermos) de 1 a 25% de daño.

Los otros tratamientos reducen el porcentaje de severidad, siempre y cuando estén en un porcentaje de severidad entre 25% y 50%, es decir en una escala de 1 a 2. En escalas de severidad de 3 a 4, la enfermedad está muy avanzada y no se puede controlar

En cuanto al tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), presentó los mejores resultados en cuanto a número de nuevos brotes, presentando un promedio superior (11.66 promedio de nuevos brotes), que el resto de los otros tratamientos.

Los costos totales para el tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), es económicamente viable para su uso en la unidad productiva. ya que el costo sería de Q. 2832.53 por hectárea.

SUMMARY

Finca María del Pilar is located in the Nueva Santa Rosa farmhouse in the municipality of Colomba Costa Cuca, department of Quetzaltenango, bordering to the north with the city of Colomba and the El Transito farm, to the west with the Nueva Santa Rosa farmhouse, and to the east with the La Perla farm and to the southwest with La Fama farm.

The main activity of the practice unit is the commercial production of *M. integrifolia*, the production unit is divided into five sections, Esperanza, Esmeralda, Trinidad, San José and Guadalupe.

In the five sections of the farm, it is notable that trees suffer from sudden death disease, determining through sampling that the incidence in the Esperanza section is 16.41% of diseased trees (the economic damage threshold is 15 to 20%). Compared to the other sections that reported a lower percentage of incidence. Therefore, an evaluation was carried out, with applications of eight fungicides, using an experimental design of Completely Randomized Blocks, with three repetitions, occupying an area of 5.43 ha. Each experimental unit was made up of 20 trees. Eight treatments were evaluated, including an absolute control (no application) and a relative control (Carbendazim).

The phytopathological analyzes that were carried out, determined that the causal agents of sudden death that presented in symptoms in the trees of the María del Pilar farm, is caused by the fungi *Verticilium* sp. and *Fusarium* sp.

Statistically with a significance of 0.05 the null hypothesis is accepted, that is to say that all the treatments present the same effect in terms of the variable incidence percentage response. The treatments (T1.....to T8) reduce the percentage of incidence and work as a preventive for trees with symptoms of sudden death; In addition, regarding the variable response to severity, treatment with T6 reduced severity by 10%. In this treatment, two trees were recovered that were in Severity Scale 2 (moderately diseased) with a percentage of 26 to 50% severity, going to Severity Scale 1 (mildly diseased) from 1 to 25% of damage.

The other treatments reduce the severity percentage, as long as they are in a severity percentage between 25% and 50%, that is, on a scale of 1 to 2. On severity scales of 3 to 4, the disease is very advanced and can't control

Regarding the T4 treatment (Fungicide Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), I present the best results in terms of number of new shoots, presenting a higher average (11.66 average of new shoots), than the rest of the other treatments.

The total costs for the T4 treatment (Fungicide Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), is economically viable for its use in the productive unit. since the cost would be Q. 2832.53 per hectare.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es el tercer principal productor y exportador de *M. integrifolia* en el mundo. Se está trabajando en el injerto de nuevas variedades como estrategia para seguir creciendo en el mercado global, cuyas producciones son tempranas y poseen una mejor calidad de fruto. (Velásquez L., 2014)

En el diagnóstico que se realizó en el año 2021, se determinó que una de las problemáticas del cultivo es la enfermedad de muerte súbita, cuyo agente causal según la revisión de literatura, es *Rosellinia* sp, ocasionando pérdida total del árbol. En un muestreo de árboles enfermos se cuantificó que la parcela Esperanza presenta la mayor incidencia, con un 16,41 % de dicho patógeno, en comparación de las otras secciones y según Sol (2011), el umbral de daño económico de muerte súbita en árboles de macadamia es de 15 a 20%, pasado de este nivel de incidencia, ya se considera un problema que debería de realizar un control de inmediato.

La unidad productiva se propuso obtener un método de control preventivo para el problema provocado por el complejo de patógenos (*Verticilium* sp. y *Fusarium* sp.) que se lograron determinar con análisis de suelo a nivel de laboratorio y con ello reducir la incidencia de las enfermedades.

Para controlar la enfermedad de muerte súbita en árboles de macadamia, se planteó realizar la evaluación de ocho fungicidas para determinar el mejor tratamiento que controle al patógeno; utilizando para ello un diseño de Bloques completamente al azar, con tres repeticiones, teniendo 20 árboles por unidad experimental, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

En los resultados estadísticamente y a un nivel de significancia de 0.05 se obtuvo que todos los tratamientos presentan una mejoría en cuanto a la reducción de porcentaje de incidencia y funciona como preventivo para árboles con sintomatología de muerte súbita, Con relación a la severidad de la enfermedad, el tratamiento de Fosetyl + Propamocarb (T6), con una dosis de 2.5 cc/l, redujo la severidad un 10%, en este tratamiento se recuperaron dos árboles que estaban en escala de severidad 2 (moderadamente

enfermo) con un porcentaje de 26 a 50% de severidad, pasaron a escala de severidad 1 (levemente enfermo) de 1 a 25 % de daño. Esta aplicación de este tratamiento Fosetyl + Propamocarb (T6), tuvo un costo de Q 3825,53/ha

Los demás tratamientos redujeron el porcentaje de severidad, los árboles se encuentran con un porcentaje de severidad de 25% a 50 %, esto quiere decir en escala 1 a 2; mientras que en las escalas de severidad de 3 a 4, la enfermedad se considera muy avanzada y no se puede controlar.

El Tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), debido a que resulta ser el más rentable en cuanto a costos, además de controlar la muerte súbita ocasionada por *Fusarium* spp. Y *Verticillium* spp. y resultar demostrando un mayor rendimiento en cuanto a la emisión de brotes nuevos en los árboles de *M. integrifolia*.

II. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Origen del cultivo de *M. integrifolia*

M. tetraphylla es originaria de las áreas costeras del norte de New South Wales, Australia, donde las condiciones climáticas son templadas y la *M. integrifolia* proviene del sureste de Queensland. Su fruto presenta una alta demanda en el mercado internacional, por su exquisito sabor y también por las características organolépticas que presenta. (Velásquez L., 2014).

Proviene de lugares lluviosos, húmedos, normalmente bosques, pero de temperaturas moderadas (sin heladas), sin embargo, su tolerancia a un relativo amplio rango de condiciones le ha permitido establecerse como cultivo en regiones ligeramente alejadas de los trópicos o subtrópicos. (Angulo, s.f.).

1.2. Taxonomía

Coexisten cerca de diez especies de *M. integrifolia*, de las cuales, sólo dos muestran una categoría económica importante por los frutos comestibles: *M. integrifolia* y *M. tetraphylla*. (Walforth, 2005).

- **Reino:** Vegetal.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Clase:** Magnoliopsidae.
- **Orden:** Protales.
- **Familia:** Protaceae.
- **Subfamilia:** Grevilleoideae.
- **Género:** Macadamia.
- **Especie:** *M. integrifolia*

1.2.1. Descripción botánica

Árbol de siete a 12 m de altura, alcanzando hasta los 20 m en Australia. Fruto en drupa indehiscente, globular, de 2-3 cm de diámetro, con cubierta leñosa y 1-2 semillas globosas. La madera es de veta gruesa y dura, pero las ramas son quebradizas y se desenganchan y caen fácilmente. (Infoagronomo, 2018).

1.3. Condiciones edafoclimáticas

1.3.1. Clima

Precipitación: La zona para el cultivo comercial de esta nuez debe tener una buena distribución de las lluvias durante todo el año. con un máximo de dos meses de estación seca, aunque en zonas con una época seca más larga, se puede cultivar con el suministro de riego por gravedad. El promedio anual de precipitación adecuado para la macadamia está comprendido entre 1.500 y 3.000 mm. (Anacafe, 2004).

Vientos: La madera de macadamia es quebradiza y propensa a sufrir daños por vientos. Es preferible evitar la siembra de macadamia en zonas con vientos fuertes. De cualquier forma, se deben establecer barreras rompevientos, especialmente para los árboles jóvenes y también para asegurar el proceso de polinización y proteger a los frutos. La poda de formación da al árbol una arquitectura más resistente al viento. (Sol, 2011).

Temperatura: desde los 18 °C hasta los 29 °C, pero para obtener una buena producción es necesario que la temperatura baje periódicamente a 18 °C y se mantenga estable para estimular la floración, lo que permitiría tener producción la mayor parte del año. (Sol, 2011).

Altitud: La altitud está muy relacionada con la temperatura y está comprendida entre los 400 y 1.000 msnm. Se puede sembrar en zonas ubicadas hasta 1.200 msnm si la nubosidad no es muy densa, ya que el cultivo requiere una luminosidad mínima de tres horas. (Anacafe, 2004).

1.3.2. Suelos

El suelo más adecuado para la *M. integrifolia*, es fértil, de por lo menos 75 cm de profundidad, sin capas impermeables, suelto, bien drenado y con pH entre 5,5 y 6,5. (Mag, s.f.).

La pendiente del terreno debe ser inferior a 30 %. Si la finca tiene problemas de pendientes, se recomienda sembrar a contorno en terrazas individuales y hacer drenajes a contorno o alguna otra práctica que permite evitar, tanto el lavado del suelo como la pérdida de nueces. (Mag, s.f.).

1.4. Manejo agronómico

1.4.1. Propagación

La propagación de los árboles se realiza básicamente por medios vegetativos como el injertado y el estacado, con el fin de no perder las características de la variedad que se quiere reproducir, la cual seguramente será una planta de producción precoz que inicia su producción frutal entre los cuatro y cinco años, a diferencia de los árboles reproducidos a partir de semilla y sin injertar, en los cuales su inicio de producción es en general después del séptimo año. (Sol, 2011).

Un kilogramo de semilla tiene aproximadamente ciento treinta semillas; para establecer una hectárea, son necesarias entre 3,5 a 4 kg de semilla. (Mag. S.f.)

1.4.2. Siembra

La época de siembra en la que se corre menos riesgo de pérdida de árboles es al inicio de la época lluviosa.

Al sembrar, se debe colocar la planta en el agujero y llenarlo con tierra hasta que el nivel de suelo que tenía la planta en la bolsa sea el mismo nivel que en el campo. Después, presionar cuidadosa y firmemente el suelo alrededor del árbol de manera que se mantenga recto. Colocar una estaca de 1.5 m de alto y amarrar el árbol cuidadosamente para que éste crezca recto y no se dañe por el viento. Se debe colocar la estaca retirada

del tronco principal con el fin de no dañar las raíces. Por último, los árboles deben ser regados. (Sol, 2011)

Como recomendación colocar en la parte de arriba, una pequeña capa de materia orgánica como hojas o composta que ayude a mantener la humedad en las raíces (no colocarla en contacto directo con el tronco).

1.4.3. Principales variedades

Algunas de las variedades de *M. integrifolia* y *M. tetraphylla* (Sol, 2011), son: Kakea 508, Keaau 660, Kau 344, Ikaika 333, Mauka 741, Purvis 294, Pahala 788, Fuji 791, Makai 800, A-527, Huatusco, Victoria.

Los árboles provenientes de la cruce de ambas especies, *M. tetraphylla* y *M. integrifolia*, son llamados híbridos y presentan características de ambas especies. (Sol, 2011).

1.4.4. Nutrición

Se debe establecer un programa de fertilización de acuerdo con la interpretación del análisis de suelo y foliar. Para realizar el análisis foliar, las ramas no deben estar en crecimiento y las hojas deben provenir del segundo nudo, debajo del ápice de crecimiento. La muestra deberá estar formada por cien hojas (de cada variedad) tomadas de distintos árboles seleccionados al azar. (Mag, s.f.).

Uno de los síntomas principales que presenta la *M. integrifolia*, al contar con una nutrición deficiente es la merma en la producción, declinación en la condición del árbol con menos cantidad de hojas y más distanciadas. Se hace necesario basarse en un análisis de suelos, que ayuden a establecer adecuados niveles de nutrición. (Anacafe, 2004).

El nitrógeno y productos basados en potasio son elementos necesarios para la fertilización de la *M. integrifolia*. En fertilizaciones Nitrogenadas se recomienda una aplicación de 25 a 50 gramos por año por árbol. La fertilización con Potasio se recomienda en relación de 1:1 con nitrógeno hasta un quinto año y del sexto año en adelante la relación puede variar de 1.25 a 1.50:1. (Anacafe, 2004).

1.4.5. Control de malezas

Siempre debe mantenerse limpio unos dos metros alrededor del tallo y cuando comienza a cosechar se debe ampliar a un metro más, afuera de la gotera.

En los primeros años de establecido el cultivo, se pueden sembrar otros cultivos propios de la zona, que no compitan con la *M. integrifolia*. Cuando no se utiliza este espacio con algún cultivo, se debe mantener baja la maleza ya sea con herbicidas o con chapea manual o chapeadora mecánica. (Mag, s.f.).

Los herbicidas que han dado buen resultado en macadamia *M. integrifolia*, son paraquat (0,3 kg ia/ha) y el glifosato (1 kg ia/ha), así como las mezclas de paraquat (0,3 kg ia/ha con gardoprim (1,25 kg ia/ha).

1.4.6. Manejo de tejidos

Durante la etapa inicial del desarrollo de un injerto hay que tener especial cuidado con los tejidos que nacen del patrón, esto es de suma importancia en el cuidado de los injertos de *M. integrifolia*. Los tejidos que brotan del patrón pueden desarrollarse sobre o bajo del injerto provocando de esta manera competencia al mismo dándose en algunos casos la muerte o retraso en su crecimiento. (Sol, 2011).

Las podas de sanidad consisten en la eliminación de ramas enfermas en árboles dañados por hongos o insectos y en los cuales es necesario eliminar el foco de contaminación para evitar daños en árboles vecinos. (Anacafe, 2008).

1.4.7. Cosecha

Los árboles de macadamia injertados comienzan a producir a los tres o cuatro años, maduran entre los siete y nueve años, se estabilizan a los 12 y pueden producir hasta por más de 100 años. Esto a diferencia de los árboles no injertados, conocidos como árboles de pie franco, que comienzan su producción hasta los 6 o 7 años. (Sol, 2011).

Nunca se debe cosechar la nuez directamente del árbol; hay que esperar a que ésta haya caído por sí sola al suelo. El árbol de manera natural genera la caída del fruto al suelo cuando está maduro y tiene el mayor porcentaje de aceite en su interior. (Sol, 2011).

1.4.8. Rendimiento

Las plantaciones de *M. integrifolia* inician su producción de los cuatro a cinco años. Con producciones pequeñas que se van incrementando de acuerdo al manejo de desarrollo. (Anacafe, 2004).

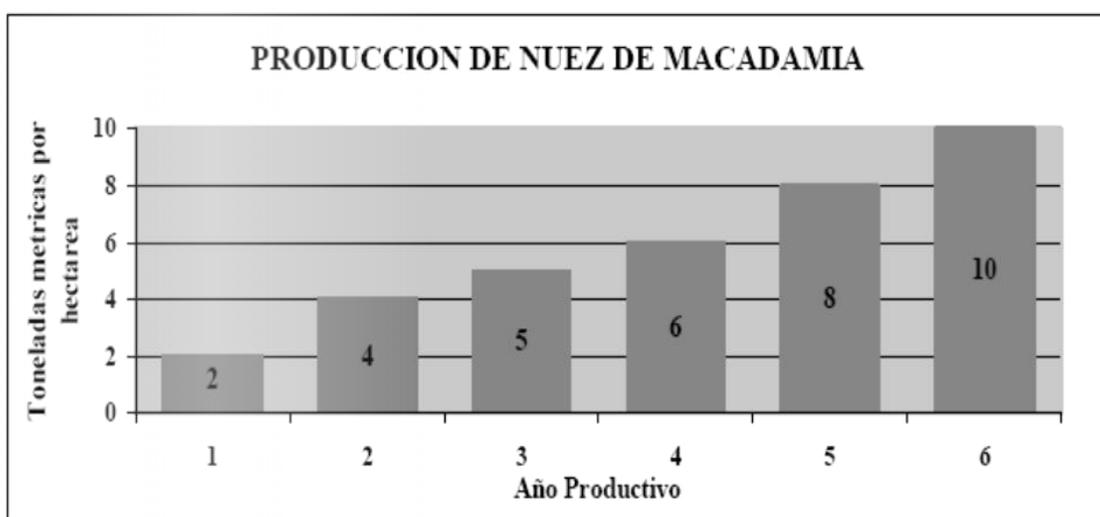


Figura 1. Producción de nuez de macadamia.

Fuente: Anacafe (2004).

1.4.9. Aspectos de mercado

Los productores del hemisferio norte (Estados Unidos, Guatemala, Costa Rica) disponen de altos niveles de producción desde julio hasta diciembre, mientras que en el hemisferio sur (Australia, Sudáfrica, Ecuador), la nuez se produce entre enero y junio. (Anacafe, 2004)

Según Anacafe, (2004), Las ventas a nivel mundial son mayores durante el segundo semestre y se registran picos de ventas en los últimos tres meses del año (la temporada de navidad tiene una importante incidencia en las ventas de macadamia).

1.4.9.1. Macadamia en Guatemala

Las primeras nueces fueron traídas desde Hawaii y en Guatemala se ha ido experimentando con nuevas variedades propicias de la zona para buscar mayor rendimiento y calidad del fruto. (Velásquez L., 2014).

Se exportan contenedores principalmente a Estados Unidos, Japón y China. Sin embargo, también tiene el potencial para convertirse en el principal productor de macadamia a nivel mundial. Actualmente es el tercer principal productor y exportador en el mundo. Se está trabajando en el injerto de nuevas variedades como estrategia para seguir creciendo en el mercado global, cuyas producciones son tempranas y poseen una mejor calidad de fruto. (Velásquez L., 2014).

Según datos de la gerencia de competitividad de la asociación guatemalteca de exportadores (Agexport), en el año 2017 el país exportó US 40.4 millones en macadamia, de los cuales más del 50% fue a países asiáticos. (Bolaños, 2018).

- **Principales Productores**

Estados Unidos (Hawái), Australia, Costa Rica y África del Sur.

- **Principales Importadores**

Japón, Hong Kong, Singapur, Francia, Holanda, Alemania, Suecia, Noruega, Canadá y Estados Unidos.

Cuadro 1. Precio de la macadamia en el mercado internacional (US dólares por kilo semana No. 12, año 2000).

Miami	New York	Los Ángeles	Toronto	Paris	México D.F.	Bogotá	Santiago	Tokio	Lima
2,55	2,75	2,05	2,45	2,98	2,75	2,78	4,78	3,18	2,98

Fuente: Anacafe (2004).

1.5. Principales enfermedades del cultivo de *M. integrifolia*

Según Anacafe (2004) las enfermedades que afectan al cultivo son:

Phytophthora cinamoni: causa que los árboles pierdan vigor y color hasta que pierden follaje, ataca principalmente los tallos provocando exudaciones de resina color rojo y la corteza fácilmente es desprendible.

El control debe ser preventivo evitando comprar almácigos sin estándares adecuados de sanidad, (calzar bien las plantas al momento de la siembra y al encontrar árboles con daño, hacer aplicaciones de fungicidas sistémicos al área infectada.

Botritis: Ataca principalmente las flores y su infección puede ser devastadora y provocar pérdidas muy grandes. Los racimos de flores infectados se tornan de color gris oscuro a negro, debido a la gran cantidad de esporas que descarga, se infectan los pétalos y los estambres. El hongo llega a esparcirse por el viento y lluvia. El control se puede hacer preventivo con carbendazim a razón de 400 cc por 200 litros de agua.

Muerte súbita: Ocasionada por los hongos *Rhizoctonia* sp. y *Roselinia* sp. Los síntomas son: amarillamiento general del árbol, defoliación de ramas, el follaje se observa de color café de arriba, hacia abajo, las ramas empiezan a necrosarse de la base hacia la punta, el sistema radicular se torna necrótico y sin sabia, observándose en las raíces un micelio de color negro y gris algodonoso; por último, la muerte total del árbol ocurre a los 15 u 8 días después del primer síntoma.

El control se realiza eliminando por completo árboles muertos, arrancar raíces y quemarlas o sacarlas de la plantación. Aplicar fungicidas sistémicos específicos para el control de los hongos mencionados.

1.6. Descripción de los principales hongos causantes de enfermedades del cultivo de *M. integrifolia*

1.6.1. Características del hongo *Colletotrichum* spp

Colletotrichum es un hongo de distribución cosmopolita y con predominancia en las regiones tropicales y subtropicales, Comprende principalmente patógenos de plantas y frutos, incluye a más de 100 especies responsables de causar la antracnosis, por tal motivo es esencial identificar las especies para mejorar el control de la enfermedad, *Colletotrichum gloeosporioides* es considerada como la especie más desafiante de resolver, comprende la gama de huéspedes más amplia de todas las especies de *Colletotrichum*. (Landeró, Lara, Aguilar, & Rodríguez, 2016)

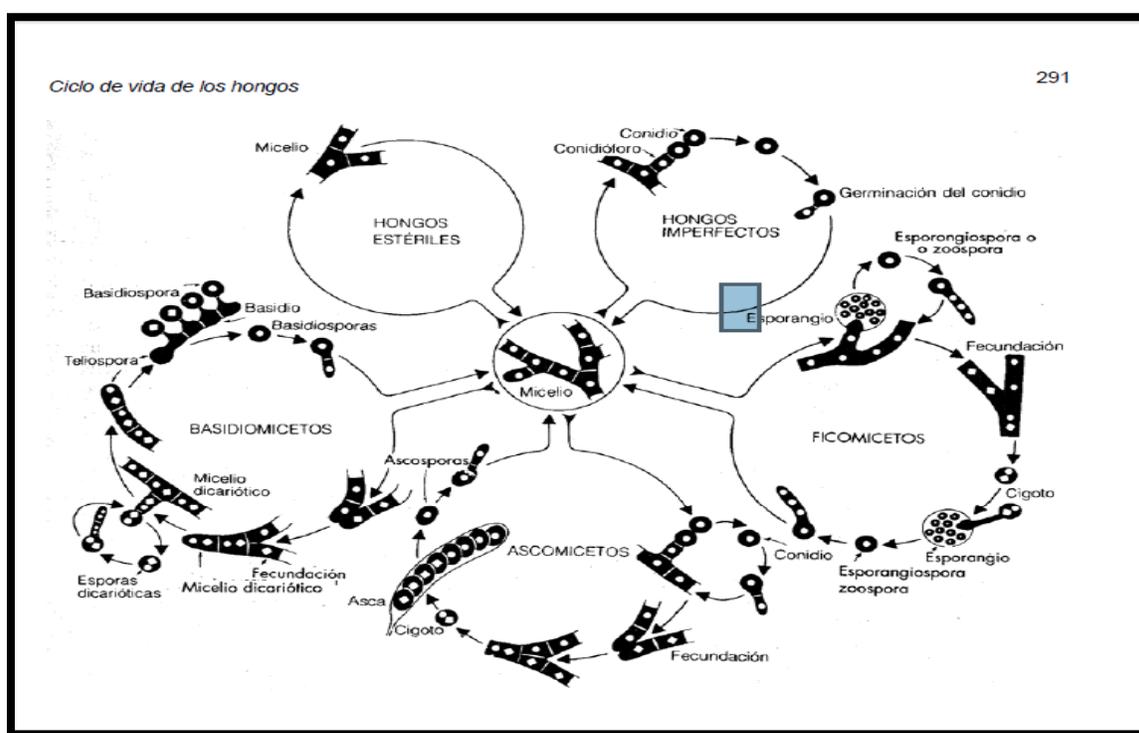


Figura 2. Representación esquemática de los ciclos de vida generalizados de los principales grupos de hongos fitopatógenos.

Fuente: Fitopatología Agrios (2017).

Colletotrichum es un género de hongos de saco (Ascomycota) ver figuras dos y tres, con un extenso número de especies. Son mundialmente reconocidos como patógenos de muchas plantas silvestres y de la mayoría de las especies de plantas cultivadas. Estos organismos atacan cultivos en las regiones tropicales y subtropicales produciendo pérdidas multimillonarias a la agroindustria. (Lira., s.f.)

1.6.1.1. Reproducción asexual mediante conidiosporas

La reproducción sexual siempre involucra la producción de un asca con dos o más ascosporas haploides. Toleran temperaturas de entre 10 y 40 °C, pero su temperatura óptima de desarrollo es de 28 °C. (Lira., s.f.).

Según Fitopatología Agrios, (2017). Se indica que durante el proceso de infección, las especies fitopatógenas del género *Colletotrichum* inicialmente colonizan las células vivas de la planta rompiendo la pared celular, pero sin penetrar la membrana plasmática de estas células (esto evita la muerte progresiva de células).

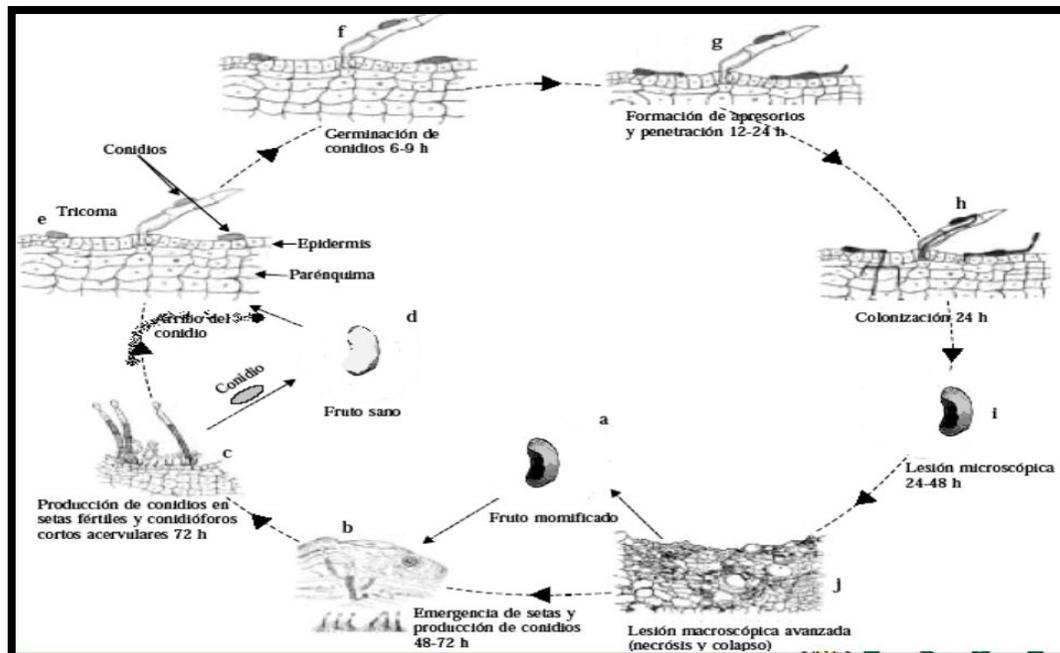


Figura 3. Ciclo de vida del hongo *Colletotrichum* sp.

Fuente: Baez, Alvarez, Garcia, Sañudo, & Molar (2017).

El inicio de la alimentación de partes muertas de la planta por parte del hongo está asociado con notables cambios morfológicos, genéticos y fisiológicos de este último. Estos cambios en el hongo producen una muerte masiva de células y destrucción de los tejidos del hospedero. (Fitopatología Agrios, 2017).

1.6.1.2. Taxonomía

Colletotrichum comprende el estado asexual (anamorfo) de *Glomerella* (teleomorfo), el cual pertenece al phylum Ascomycota, clase Hypocreomycetidae, orden Glomerellales, familia Glomerellaceae, ésta es una familia monotípica caracterizada por peritecios oscuros no estromáticos, ostiolos perifisados bien desarrollados, abundantes paráfisis de pared delgada. *Glomerella* inicialmente se ubicó en el orden Phyllacorales, pero algunas de sus características son claramente distintas a la de otros miembros: por ejemplo, su falta de tejido estromático y sus anamorfos exclusivos de *Colletotrichum*. (Baez, Alvarez, Garcia, Sañudo, & Molar, 2017)

1.6.2. Características y ciclo de vida del hongo *Cylindrocladium* spp.

El género *Cylindrocladium* presenta esporas cilíndricas con extremos redondeados que pueden ser septados. Micelio aéreo bien desarrollado, al principio blanco y algodónoso, más tarde logra un tono de marrón en el centro. Conidios solitarios en las fialides, cilíndricos, con o más septos. (Conafor, 2008).

1.6.2.1. Ciclo de vida del hongo *Cylindrocladium* spp.

Las esporas infectan hojas en el verano, los ciclos se presentan con rapidez y puede haber producción de esporas durante varios meses consecutivos, pero siempre en la temporada de lluvias. Parte de las esporas caen al suelo en donde germinan y su micelio puede infectar raíz o vivir como saprófito. En la temporada de secas puede estar en el suelo en etapa de reposo.



Figura 4. Conidióforos y conidios de *Cyindrocladium* sp.

Fuente: Conafor (2008).

Durante períodos de alta humedad y precipitaciones, la infección del tallo también puede desarrollarse a partir de la infección por conidios o ascosporas en el aire. Sin embargo, el peritecio y las ascosporas se producen raramente en raíz desnuda o contenedores en vivero y solo se han observado en asociación con infecciones por *C. crotalariae*.

Cyindrocladium spp., también tiene la característica única de tolerar un amplio rango de pH para su crecimiento y la infección del huésped. Esto reduce la eficacia de las técnicas de control cultural en vivero

1.6.2.2. Taxonomía

- Reino: Fungi
- Phylum: Ascomycota
- Clase: Sordariomycetes
- Orden: Hypocreales
- Familia: Nectriaceae
- Género: Calonectria
- Género: *Cyindrocladium* (género anamorfo)
- Especie: *Cyindrocladium* sp.

1.6.3. Características y ciclo de vida del hongo *Verticillium sp.*

La marchitez provocada por *Verticillium sp.* se ve favorecida por suelos húmedos y un rango de temperatura entre 21-27 °C. Los microesclerocios son estimulados a germinar por exudados de las raíces tanto de plantas hospedantes como no hospedantes, las hifas producidas por éstos pueden penetrar la raíz a través de heridas ocasionadas por insectos, nematodos o directamente. (Koike, 2008).

1.6.3.1. Ciclo de vida del hongo *Verticillium sp.*

El hongo penetra la raíz en la zona de alargamiento y coloniza la corteza. Desde la corteza, las hifas invaden los vasos del xilema donde forman conidios. La colonización vascular ocurre cuando los conidios son transportados con la savia ascendente. Debido a los materiales fúngicos y productos de defensa producidos por el hospedante, como son tilosas (crecimiento de células del parénquima adyacentes a vasos del xilema) y goma, el sistema vascular es bloqueado, evitando que el agua llegue a las partes superiores de la planta. La obstrucción vascular ocasiona que tanto hojas como tallos, comiencen a exhibir síntomas de marchitez y clorosis. (Koike, 2008).

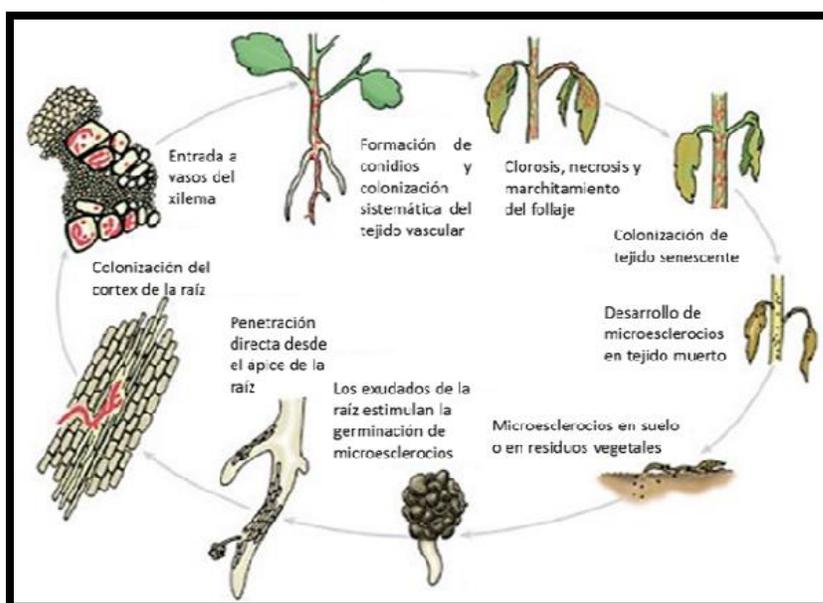


Figura 5. Ciclo de vida de *Verticillium sp.*

Fuente: Koike (2008).

1.6.3.2. Taxonomía

- Phylum: Ascomycota
- Clase: Sordariomycetes
- Orden: Hypocreales
- Familia: Hypocreaceae
- Género: Hypomyces
- Género: Verticillium (género anamórfico)
- Especie: *Verticillium* sp.

1.6.4. Características y ciclo de vida del hongo *Fusarium* sp.

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas. Debido a su capacidad de crecer a 37°C, son considerados oportunistas. Pueden causar infecciones sistémicas en pacientes inmunocomprometidos, con una alta mortalidad. Algunas de sus especies producen toxinas que afectan al hombre y animales. (Tapia & Amaro, s.f.)

1.6.4.1. Ciclo de vida del hongo *Fusarium* sp.

El hongo sobrevive en invierno en forma de esporas o micelio en el residuo de cultivos, pero también forma clamidosporas asexuales de paredes gruesas, resistentes a la deshidratación. La supervivencia puede ser a muy largo plazo y a mucha profundidad subterránea. Desde el micelio o las esporas, el hongo infecta las raíces de la planta huésped en el punto en el que la raíz lateral emerge de la raíz primaria o a través de heridas. (Syngenta, s.f.).

El hongo sigue creciendo y esporula en el tejido muerto, dando lugar a macroconidias de tono rojo rosáceo en forma de medialuna, típicas del *Fusarium*, que luego se dispersan. El hongo también se puede transmitir a través de las semillas. Esto no tiene que deberse necesariamente a que la semilla esté infectada, sino al uso de herramientas u otros equipos infectados.

1.6.4.2. Taxonomía

La taxonomía para este género es bastante compleja y ha sufrido diversos cambios desde las primeras descripciones hechas por Link en 1803. A pesar de los avances en la taxonomía molecular, y la aparición de metodologías como MALDI-TOF, la taxonomía clásica continúa vigente, aunque requiere de la experiencia del observador (Tapia & Amaro, s.f.).

1.6.5. Características y ciclo de vida del hongo *Rosellinia sp.*

El hongo *Rosellinia sp.* es un parásito facultativo, su distribución es cosmopolita, reportándose alrededor de todo el mundo, además posee un amplio rango de hospederos causando pérdidas económicas en varios cultivos y árboles frutales. (Fitopatología Agrios, 2017).

1.6.5.1. Ciclo de vida del hongo *Rosellinia sp.*

El hongo se establece inicialmente en las raíces secundarias, penetrando la raíz por medio de estructuras especializadas llamadas apresorios, razón por lo cual la invasión del sistema radical es lenta, pero progresiva. Una vez que se establece en los tejidos de la base del árbol se presenta un debilitamiento, con posterior amarillamiento del follaje y una ausencia de emisión de brotes nuevos; después de algunas semanas el árbol muere. Las hojas se tornan de un color rojizo y quedan adheridas por varias semanas. (Sol, 2011)

Los factores que favorecen el desarrollo del patógeno son la presencia de árboles viejos de sombrero con sus raíces en proceso de descomposición, los altos contenidos de materia orgánica en la superficie del suelo y la frecuencia de las lluvias, observándose una incidencia casi insignificante en donde la frecuencia de las lluvias es baja y existe escasa acumulación de humus y materia orgánica (Fitopatología Agrios, 2017).

1.6.5.2. Taxonomía

- Reino: Fungi
- Filo: Ascomycota

- Clase: Sordariomycetes
- Subclase: Xylariomycetidae
- Orden: Xylariales
- Familia: Xylariaceae
- Género: Rosellinia

2. Marco Referencial

2.1. Ubicación geográfica del sitio de evaluación

La evaluación de los ocho fungicidas se realizó en la sección Esperanza, que forma parte de la Finca María del Pilar, en Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango. La parcela de investigación tuvo un área aproximadamente de 5.43 ha. La ubicación geográfica es Latitud norte: 14°42'19" y Longitud oeste: 91°42'50". En la siguiente figura se muestra la ubicación geográfica del sitio en donde se llevó a cabo la investigación.

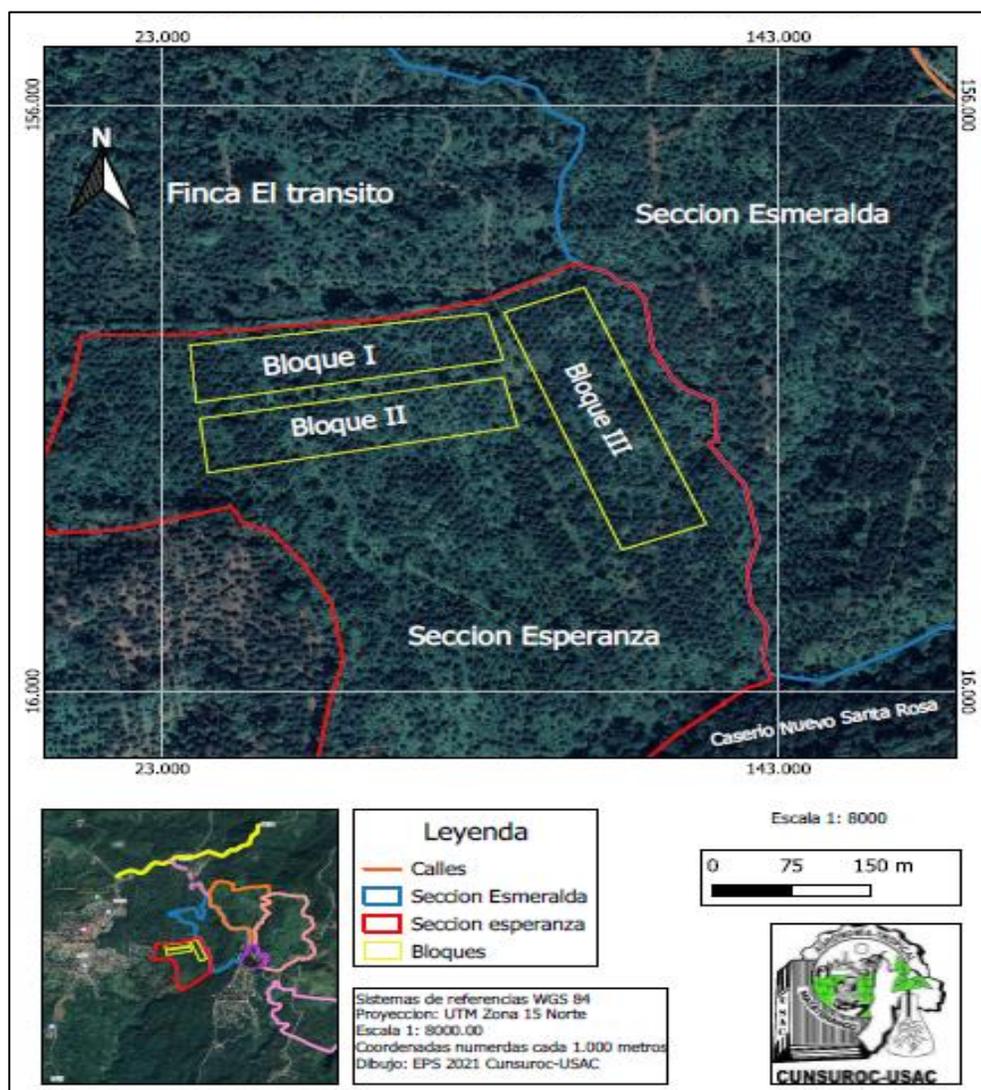


Figura 6. Ubicación de la parcela de investigación.

2.2. Condiciones climáticas

Finca María del Pilar tiene en promedio anual de temperatura de 25 °C, precipitación pluvial promedio anual de 4500 mm. (Administración Finca María del Pilar, 2021).

2.3. Suelos

Según Simmons (1959), reporta que los suelos de la finca María del Pilar pertenecen a los suelos de origen volcánico, tras la erupción ocurrida en 1902 por el volcán Santa María. Características de suelo son rocas volcánicas, incluye coladas de lava, material laharico, rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquistos cloróticos. Simmons (1959),

Pertenece a la serie de suelos de Huehuetenango con una textura franco arenoso con color café oscuro. Tipo de roca ígneas y metamórficas, del periodo Paleozoico. Esta serie de suelo son los más productivos de Guatemala. Por su vocación se encuentra en la clase agrologica IV. Simmons (1959),

2.4. Variedades de *M. integrifolia* utilizadas

Las variedades evaluadas en la investigación son: 333, 660, 344 y 508 y algunas de sus características se presentan a continuación

Cuadro 2. Características de las variedades evaluadas en la investigación.

No.	Variedad	Características
1	333	Productora, hojas con tonalidad verde oscura, porte alto, nuez con cascara gruesa.
2	508	Productora, porte alto, Hojas pequeñas redondas, tonalidad de las hojas verde claro, cascara de la nuez es delgada,
3	344	Productora, porte alto y posee apariencia morfológica como la de un pino, Hojas verde oscuro alargado y posee pocas espinas, cascara delgada.
4	660	Productora, Porte alto, este árbol posee en los extremos los racimos florales y no en toda la rama como otras variedades. Le denominan árboles con ramas largas. La cascara de la nuez es gruesa

Fuente: Villegas (2005).

2.5. Descripción de los productos utilizados

2.5.1. Nombre y grupo químico

Se presentan las especificaciones del nombre comercial, nombre químico y grupo químico, de los productos evaluados:

Cuadro 3. Nombre comercial, nombre químico y grupo químico de productos evaluados.

Nombre Comercial	Nombre Químico	Grupo Químico	Fuente de la información
Ishkamik 50 SC	Carbendazim	Benzimidazol	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	Fosetyl Aluminium		(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	Methyl N-(methoxyacetyl)-N-(2,6-xylyl)-DL-alaninate	Phenylamide: Acylalanine	(Foragro, s.f.)
Luxazim 50 SC	Carbendazim	Benzimidazol	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	Dimetomorf: 4-(3-(4-clorofenil)-3-(3,4-dimetoxifenil)acrilil)morfolina Piraclostrobina: N-{2-[1-(4-clorofenil)-1H-pirazol-3-il-oximetil]fenil}(N-metoxi)carbamato de metilo	Dimetomorf + Piraclostrobin	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	Fosetyl + Propamocarb	Propamocarb: carbamato Fosetyl aluminium: organofosforado	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Sulfato de cobre pentahidratado sistémico	Compuesto de Cobre	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	Iprodione	Dicarboxamidas	(Agrocentro, s.f.)

2.5.2. Dosis para muerte súbita

Se presentan las dosis para muerte súbita, de los productos evaluados:

Cuadro 4. Dosis para muerte súbita, de productos evaluados.

Nombre Comercial	Dosis para Muerte Súbita
Ishkamik 50 SC	1.5 a 2.5 cc/litro de agua
Foral 80 WG	1.5 – 2 kg/ha
Foraxil 24 EC	1.5 ml/l
Luxazim 50 SC	2.5 l/ha
Padrino 18.7 DC	2.5 l/ha
Prevalor 84 SL	2 – 2.5 l/ha. 2.5 cc – 3 cc/l de agua
Phyton 6.6 SL	0.8 – 2.4 l/ha
Rovral 50 WP	1 – 1-5 kg/ha

2.5.3. Formulación, concentración y presentaciones

A continuación, se presenta:

Cuadro 5. Formulaciones, concentraciones y presentaciones, de productos evaluados.

Nombre Comercial	Formulación y Concentración	Presentaciones	Fuentes de informacion
Ishkamik 50 SC	Suspensión concentrada (SC) que contiene 500 g por litro de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. Frascos x 50 cc, Frascos x 100 cc, Frascos x 250 cc, Frascos x 1 L.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	Gránulos dispersables (WP) que contiene 800 gramos por kilogramo de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. Sobre de 1 kg	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	Concentrado Emulsionable (EC) que contiene 240 g por litro de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 500 ml, 1 Litro, 200 Litros	(Foragro, s.f.)
Luxazim 50 SC	Suspensión concentrada (SC) que contiene 500 g por litro de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 1 litro.	(Foragro, s.f.)

Padrino 18.7 DC	Concentrado dispersable (DC) que contiene Dimetomorf 12% + Piraclostrobin 18.7 % de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 1 litro.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	Líquido soluble (SL) que contiene Fosetyl 310 g/L Propamocarb 530 g/L por litro de formulación.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 250 ml, 1 litro.	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Solución líquida (SL) que contiene 500 g por litro de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 0,2 litros, 0.5 litros y 1 litro.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	Polvo mojable (WP) que contiene 500 g por 1 kg de producto comercial.	El tratamiento médico es sintomático y de soporte. En caso de intoxicación no olvide notificar al Ministerio de Salud. 1 Kg.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.4. Acción fitosanitaria

Se muestran las respectivas acciones:

Cuadro 6. Acción fitosanitaria de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Acción Fitosanitaria	Fuente de la información
Ishkamik 50 SC	Fungicida sistémico, de acción preventiva y curativa, que se absorbe a través del tallo, hojas, raíces, se distribuye internamente en las plantas, actuando contra diversas especies de hongos, y controlando muchas enfermedades en frutales, hortalizas y ornamentales entre otros.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	Fungicida sistémico, de acción preventiva y curativa, que se absorbe a través del tallo, hojas, raíces, se distribuye internamente en las plantas, actuando contra diversas especies de hongos, y controlando muchas enfermedades en frutales, hortalizas y ornamentales entre otros.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	Fungicida sistémico, de acción preventiva y curativa, que se absorbe a través del tallo, hojas, raíces, se distribuye internamente en las plantas, actuando contra diversas especies de hongos, y controlando muchas enfermedades en frutales, hortalizas y ornamentales entre otros.	(Foragro, s.f.)

Luxazim 50 SC	Fungicida sistémico con acción protectora y curativa, formulado como suspensión concentrada, con alto potencial fungitóxico. Es absorbido por las raíces y tejido verde translocándose de manera acropétala en toda la planta. Posee también cierta acción secundaria sobre Oidium.	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	Fungicida de acción preventiva, sistémico, erradicante y curativo que combina ingredientes activos para el control de hongos. Es ideal para el manejo de resistencias cruzadas. Además, permite el control de tizón tardío y otras enfermedades potencialmente dañinas para los sistemas productivos.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	Ofrece sinergismo al combinar una acción fungicida con una resistencia sistémica adquirida por la planta.	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Fungicida y bactericida sistémico de doble acción: preventiva y curativa que controla un amplio espectro de enfermedades foliares, radicales, de flores y frutos causados por bacterias y hongos en una diversidad de cultivos. Previene y controla de manera eficaz las enfermedades que atacan las raíces y el tronco de la planta.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	Fungicida de contacto, de acción preventiva y curativa. Su acción protectante o de contacto afecta las fases de germinación, crecimiento de micelio, desarrollo y producción de esporas de patógenos fúngicos. Rovral 50 WP es una alternativa para el control de patógenos resistentes a los benzimidazoles. Puede aplicarse durante la floración, también se puede utilizar como tratamiento en post-cosecha debido a su espectro de baja toxicidad.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.5. Modo de acción

En el siguiente cuadro se presenta:

Cuadro 7. Modo de acción, de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Modo de Acción	Fuente de la información
Ishkamik 50 SC	Es un fungicida benzimidazol con acción de sistémica, es absorbido tanto por follaje como por raíces, dentro de la planta se mueve principalmente vía xilema, por lo que el follaje solo tiene acción sistémica local.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	Es un fungicida sistémico protectante, el ingrediente activo se absorbe rápidamente a través de las hojas y raíces y se trasloca tanto acropetal como basipetalmente.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	Es un fungicida Acylalanine, con acción de sistémica protectora y curativa que se absorbe a través de las hojas, tallos y raíces.	(Foragro, s.f.)

Luxazim 50 SC	Fungicida sistémico con acción protectora y curativa, Es absorbido por las raíces y tejido verde translocándose de manera acropétala en toda la planta. inhibiendo la formación de la beta tubulina que es indispensable para la síntesis de los microtúbulos cromosómicos interfiriendo de esta manera con la división nuclear del hongo, bloqueando la mitosis.	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	Fungicida sistémico con acción protectora y curativa, Es absorbido por las raíces y tejido verde translocándose de manera acropétala en toda la planta. inhibiendo la formación de la beta tubulina que es indispensable para la síntesis de los microtúbulos cromosómicos interfiriendo de esta manera con la división nuclear del hongo, bloqueando la mitosis.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	Fungicida sistémico con acción protectora y curativa, El modo de acción de cada ingrediente activo en esta formulación está basado en una inhibición en múltiples sitios del metabolismo del hongo (acción multisitio). Es un producto sistémico que se trasloca dentro de la planta después de su absorción por las raíces a las hojas. No es fitotóxico y puede aplicarse en cualquier estado de desarrollo de las plantas. Además de su efecto fungicida, tiene una acción bioestimulante en la mayoría de los cultivos.	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Es una fórmula patentada a base de un complejo de sulfato de cobre pentahidratado en combinación con un pool de ácidos orgánicos que permiten que la molécula de cobre pueda ser absorbida y transportada sistémicamente vía floema y xilema (basepetal y acropetal) hacia todos los tejidos de la planta.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	Es un excelente fungicida de acción protectante o de contacto que afecta todas las fases del ciclo de desarrollo de los patógenos.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.6. Mecanismo de acción

En el siguiente cuadro se presenta:

Cuadro 8. Mecanismo de acción, de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Mecanismo de Acción	Fuente de la información
Ishkamik 50 SC	En el hongo inhibe la formación de microtúbulos durante la división celular.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	Inhibe la germinación de esporas y bloquea el desarrollo del micelio y de esporulación.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	Inhibe la síntesis de proteínas en hongos, por interferencia con la síntesis de ARN ribosómico.	(Foragro, s.f.)

Luxazim 50 SC	Detiene el desarrollo del tubo germinativo, inhibe la multiplicación celular y el crecimiento del micelio e inhibe la formación del apresorio y finalmente el hongo muere.	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	Detiene el desarrollo del tubo germinativo, inhibe la multiplicación celular y el crecimiento del micelio e inhibe la formación del apresorio y finalmente el hongo muere.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	Afecta la germinación y penetración de las esporas del patógeno a la planta, Como curativo (aplicado al aparecer los primeros síntomas), impide el crecimiento del micelio del patógeno y su esporulación. Además, tiene efecto indirecto al estimular el óptimo desarrollo de las plantas y sus mecanismos de autodefensa, fomentando una resistencia sistémica adquirida en los cultivos.	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Su ingrediente activo interfiere en los procesos reproductivos de hongos y bacterias, específicamente a nivel de la pared celular; no afecta el núcleo del patógeno por lo cual no genera resistencia.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	Afecta la germinación de esporas, crecimiento del micelio, desarrollo y producción de los órganos productores de esporas. En general por su acción de contacto inhibe el desarrollo del micelio y la germinación de esporas del hongo.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.7. Compatibilidad

A continuación, se muestra:

Cuadro 9. Compatibilidad de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Compatibilidad	Fuentes de información
Ishkamik 50 SC	Este producto es compatible con cal, caldo bórdeles, fertilizantes a base de Ca, Mg y K ₂ O.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	No es compatible con productos de reacción alcalina. No mezclarlo con productos a base de cobre o con fertilizantes foliares nitrogenados. Se recomienda hacer pruebas antes de aplicar estas mezclas.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	El producto es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios con excepción de productos de reacción alcalina; sin embargo, se recomienda hacer una prueba previa a pequeña escala antes de preparar la mezcla.	(Foragro, s.f.)
Luxazim 50 SC	Es compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común excepto con aguas carbonatadas y materiales alcalinos. Se recomienda realizar una prueba previa de compatibilidad. No es fitotóxico en los cultivos recomendados si se siguen las recomendaciones dadas en la etiqueta.	(Foragro, s.f.)

Padrino 18.7 DC	Es compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común excepto con aguas carbonatadas y materiales alcalinos. Se recomienda realizar una prueba previa de compatibilidad. No es fitotóxico en los cultivos recomendados si se siguen las recomendaciones dadas en la etiqueta.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	No se recomienda en mezclas con productos a base de cobre o con fertilizantes foliares nitrogenados. Además, no se recomienda hacer mezclas con formulaciones aceitosas, puesto que impide la penetración del producto a la planta.	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	Es compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común. Evitar productos muy ácidos o alcalinos. Se recomienda hacer una prueba previa de compatibilidad antes de realizar la mezcla.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	No plantea ningún problema de compatibilidad, puede utilizarse con todos los fungicidas e insecticidas de uso, siempre que no sean de reacción muy acida o muy alcalina.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.8. Toxicidad

A continuación, se presentan:

Cuadro 10. Toxicidad de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Toxicidad	Fuentes de información
Ishkamik 50 SC	No es fitotóxico en los cultivos y a las dosis recomendadas.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	No se conocen síntomas específicos de intoxicación. Puede causar irritación ocular y dermal.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	El producto no es fitotóxico si se utiliza de acuerdo con la dosis recomendada en la etiqueta.	(Foragro, s.f.)
Luxazim 50 SC	El producto no es fitotóxico si se utiliza de acuerdo con la dosis recomendada en la etiqueta.	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	El producto no es fitotóxico si se utiliza de acuerdo a la dosis recomendada en la etiqueta.	(Foragro, s.f.)
Prevalor 84 SL	El producto no es fitotóxico si se utiliza de acuerdo a la dosis recomendada en la etiqueta.	(Casagri, s.f.)

Phyton 6.6 SL	No es fitotóxico usado a la dosis, sistemas de aplicación y cultivos recomendados.	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	El producto no es fitotóxico si se utiliza de acuerdo a la dosis recomendada en la etiqueta.	(Agrocentro, s.f.)

2.5.9. Precauciones

A continuación, se presentan:

Cuadro 11. Precauciones de los productos evaluados.

Nombre Comercial	Precauciones	Fuentes de la informacion
Ishkamik 50 SC	No transporte este producto con alimentos, semillas, forrajes, medicamentos, ropa y utensilios de uso doméstico. No mantenga los herbicidas en contacto con otros agroquímicos. Almacene bajo llave en un lugar fresco a temperaturas no mayores de 50 grados centígrados, seco con humedad relativa no mayor de 90% y aireado, alejado del calor, y lejos del alcance de los niños, personas discapacitadas y animales domésticos. Conserve el producto en su empaque original, etiquetado y cerrado herméticamente. No deje empaques sin cerrar.	(Foragro, s.f.)
Foral 80 WG	No transportar ni almacenar este producto con alimentos, semillas, forrajes, medicamentos, ropa y utensilios de uso doméstico. No mantenga los plaguicidas en contacto con otros agroquímicos fertilizantes, semillas. Almacene bajo llave en un lugar fresco y aireado, alejado del calor. Conserve el producto en su envase original, etiquetado y cerrado herméticamente.	(Foragro, s.f.)
Foraxil 24 EC	En condiciones normales de almacenamiento, el producto es estable por un periodo mínimo de dos años. No se debe almacenar con productos corrosivos o explosivos. Evite almacenar a temperaturas superiores a los 40°C.	(Foragro, s.f.)
Luxazim 50 SC	En condiciones normales de almacenamiento, el producto es estable por un periodo mínimo de dos años. No se debe almacenar con productos corrosivos o explosivos. Evite almacenar a temperaturas superiores a los 40°C.	(Foragro, s.f.)
Padrino 18.7 DC	En condiciones normales de almacenamiento, el producto es estable por un periodo mínimo de dos años. No se debe almacenar con productos corrosivos o explosivos. Evite almacenar a temperaturas superiores a los 40°C.	(Foragro, s.f.)

Prevalor 84 SL	<p>Conservar y transportar en su empaque original, etiquetado y cerrado herméticamente. No transportarlo ni almacenarlo junto con alimentos, herbicidas, forrajes y medicamentos.</p> <p>Almacenarlo en un lugar fresco y seco.</p> <p>Manéjese con cuidado para evitar derrames. Si ello ocurre, recójalo con una pala y luego aplíquelo en el cultivo según las recomendaciones del producto.</p>	(Casagri, s.f.)
Phyton 6.6 SL	<p>Conservar el producto en el envase original, etiquetado y cerrado en ambiente seco y fresco, en lugares ventilados y bajo llave, lejos del alcance de los niños.</p>	(Gestion edifarm, 2019)
Rovral 50 WP	<p>En condiciones normales de almacenamiento, el producto es estable por un periodo mínimo de dos años. No se debe almacenar con productos corrosivos o explosivos. Evite almacenar a temperaturas superiores a los 40°C.</p>	(Agrocentro, s.f.)

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Determinar el tratamiento que mejor controle la incidencia y severidad de la Muerte súbita ocasionada por los hongos *Verticilium* sp. y *Fusarium* sp. en el cultivo de *Macadamia integrifolia*, bajo condiciones de cultivo intensivo.

2. Objetivos Específicos

- 2.1. Identificar los patógenos que se asocian a la muerte súbita en el cultivo.
- 2.2. Comparar la efectividad de los tratamientos en la incidencia (%) y severidad de Muerte súbita, ocasionada por los hongos *Verticilium* sp. y *Fusarium* sp.
- 2.3. Realizar un análisis de costos de los tratamientos evaluados.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis Alternativa (Ha)

Al menos una de las dosis de fungicidas aplicados, tendrá efectos positivos de control sobre la incidencia y severidad de muerte súbita ocasionada por los hongos *Verticilium* sp. y *Fusarium* sp. en árboles de *M. integrifolia*.

Hipótesis Nula (Ho)

Ninguna de las dosis de fungicidas aplicados, tendrá efectos positivos de control sobre la incidencia y severidad de muerte súbita ocasionada por los hongos *Verticilium* sp. y *Fusarium* sp. en árboles de *M. integrifolia*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Recursos

1.1. Recursos físicos

- 1 libreta de campo
- 1 computadora portátil
- 2 lapiceros de colores
- 8 fungicidas sistémicos
- 2 spray de colores
- 1 GPS
- 2 toneles vacíos (200 litros)
- 2 cisternas con capacidad de 2400 litros de agua.
- 1 probeta
- 1 paleta de madera para mezclar
- 1 tractor Ford
- 1 pala
- Bolsas plásticas
- Cinta de nylon
- 1 machete
- Hipoclorito de sodio
- Marcadores permanentes

1.2. Recursos humanos

- Practicante EPS
- Gerente General
- Personal de campo unidad productiva

2. Metodología

2.1. Identificar a los agentes patógenos que se asocian a la muerte súbita.

Se realizaron muestreos en el área de investigación, para determinar la presencia de patógenos que ocasionan la muerte súbita en los árboles del cultivo.

1. Dicha labor consistió en tomar muestras de raíces con suelo adherido, de plantas que estaban enfermas y establecidas en la parcela de investigación.
2. Se tomaron 8 sub muestras, las cuales se obtuvieron de árboles infectados con muerte súbita de las escalas de severidad 1 a la 4 (ver figura nueve); este muestreo se realizó en zigzag en toda el área de investigación. La profundidad que se extrajo las raíces fue a 40 cm de la superficie del suelo. A esta profundidad se encuentran las raíces secundarias y primarias, ya que estas se extienden lateralmente. (Anacafe, 2004).

Al finalizar el muestreo general se homogenizó en una sola muestra, obteniendo aproximadamente 1 kilogramo de muestra de raíces frescas con suelo.

3. La muestra final se colocó en una bolsa de papel (Bolsas de ANACAFE), debidamente identificada y se envió a Laboratorio de ANACAFE, para evitar que los patógenos de la muestra puedan salir afectados por deshidratación.
4. Para la recolección de las muestras de suelo, se utilizaron guantes de látex, para evitar contaminar las muestras de suelo, las herramientas (pala, cubeta, azadón y machete) se desinfectaron con hipoclorito de sodio.

2.2. Evaluación de la efectividad de los fungicidas

2.2.1. Tratamientos

A continuación, se muestra el detalle de los tratamientos evaluados:

Cuadro 12. Tratamientos a evaluar para el control de la muerte súbita.

Tratamiento	Producto comercial	Ingrediente activo o composición química	Momento de aplicación	Dosis sugerida l/Agua	Forma de aplicación	Presentación del producto
1 (Testigo Absoluto)	Testigo Absoluto (Sin aplicación de productos)					
2 (Testigo Relativo)	Ishkamik 50 SC	Carbendazim	Desarrollo	2.5 cc	Suelo	Suspensión concentrada
3	Foral 80 WG	Fosetyl Aluminium	Desarrollo	5 gr	Suelo	Gránulos dispersables
4	Foraxil 24 EC	Metalaxil	Desarrollo	1.5 cc	Suelo	Emulsiones concentradas
	Luxazim 50 SC	Carbendazim	Desarrollo	1.5 cc	Suelo	Suspensión concentrada
5	Padrino 18.7 DC	Dimetomorf + Piraclostrobin	Desarrollo	2 cc	Suelo	Concentrado dispersable
6	Prevalor 84 SL	Focetyl + Propamocarb	Desarrollo	2.5 cc	Suelo	Líquido soluble
7	Phyton 6.6 SL	Sulfato de Cobre pentahidrato	Desarrollo	2.5 cc	Suelo	Líquido soluble
8	Rovral 50 WP	Iprodione	Desarrollo	1.5 gr	Suelo	Polvo mojable

De cada tratamiento se hicieron dos aplicaciones con intervalos de 30 días mencionados en el cuadro.

2.2.2. Diseño experimental

El lugar donde se realizó la investigación fue a campo abierto, donde las condiciones de pendiente no se consideraron uniformes, se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con análisis de covarianza.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \rho_j + \beta (X_{ij} - X_{..}) + \varepsilon$$

$$i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, r$$

Y_{ij}	=	Variable de respuesta medida en la j -ésima repetición y el i -ésimo tratamiento.
μ	=	Media general
τ_i	=	Efecto del i -ésimo tratamiento.
ρ_j	=	Efecto del j -ésimo bloque o repetición.
β	=	Coefficiente angular de la regresión.
X_{ij}	=	Variable independiente o covariable.
$\overline{X..}$	=	Media general de la covariable.
ε_{ij}	=	Error experimental.

Una de las formas de minimizar este error es mediante la aleatorización de los tratamientos y la utilización de material experimental muy homogéneo. Sin embargo, la aleatorización difícilmente cancela la influencia de las variables involucradas en el error y la disponibilidad de material experimental homogéneo no es frecuente en algunos experimentos, principalmente con animales, quedando restringidos a experimentos de laboratorio, invernadero o con animales de bioterio. (Lopez & Gonzales , 2016).

El Análisis de Covarianza consiste básicamente en elegir una o más variables adicionales o covariables que estén relacionadas con la variable de respuesta, evitando que los promedios de tratamientos se confundan con los de las covariables, incrementando de esa manera la precisión del experimento.

2.2.3. Análisis estadístico

Para la interpretación de datos de la variable respuesta se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) con la ayuda del programa estadístico Infostat 2019. con el cual se obtuvieron los resultados que se presentarán en el capítulo de presentación y discusión de resultados.

Otra manera de poder concluir es obteniendo el valor p (p value), si éste es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Lopez & Gonzales , 2016). Sí el valor observado de F (F_o), la H_o es rechazada, por lo tanto, se concluye que existen diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos.

El coeficiente de variación da una idea de la precisión del experimento, a un valor alto de CV corresponde un alto error experimental, lo cual indica que existe poca capacidad del experimento para detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

“De modo general, altos coeficientes de variación indican experimentos mal manejados”, pero no siempre. El hecho de que el coeficiente de variación sea alto puede deberse no solamente al mal manejo del experimento, sino también a:

- a) tipo de variable de respuesta (escala de medición),
- b) tipo de tratamientos,
- c) errores en el análisis de la información, etc.

- **Transformación de los datos**

El proceso de obtención de la transformación de datos depende del objetivo que se desea alcanzar con esa transformación. Es sabido que difícilmente una transformación de datos irá a atender todos los objetivos, aunque no sea raro, se busca homogeneidad de varianzas y se consigue junto con ella una mejor aproximación normal. (Lopez & Gonzales , 2016).

La fórmula que se usará para la transformación de los datos será la siguiente.

$$y = \arcsen(\sqrt{y})$$

2.2.4. Unidades experimentales

Se evaluaron ocho tratamientos con tres repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental se conformó por 1,323 m², con una separación de calle de 21 metros y la separación de un bloque a otro fue de cinco metros; en total la parcela de investigación tuvo un área de 54,327 m² (5.43 ha). Cada unidad experimental se conformó de 20 plantas por repetición, 60 plantas por tratamiento, 480 plantas por el total de la investigación.

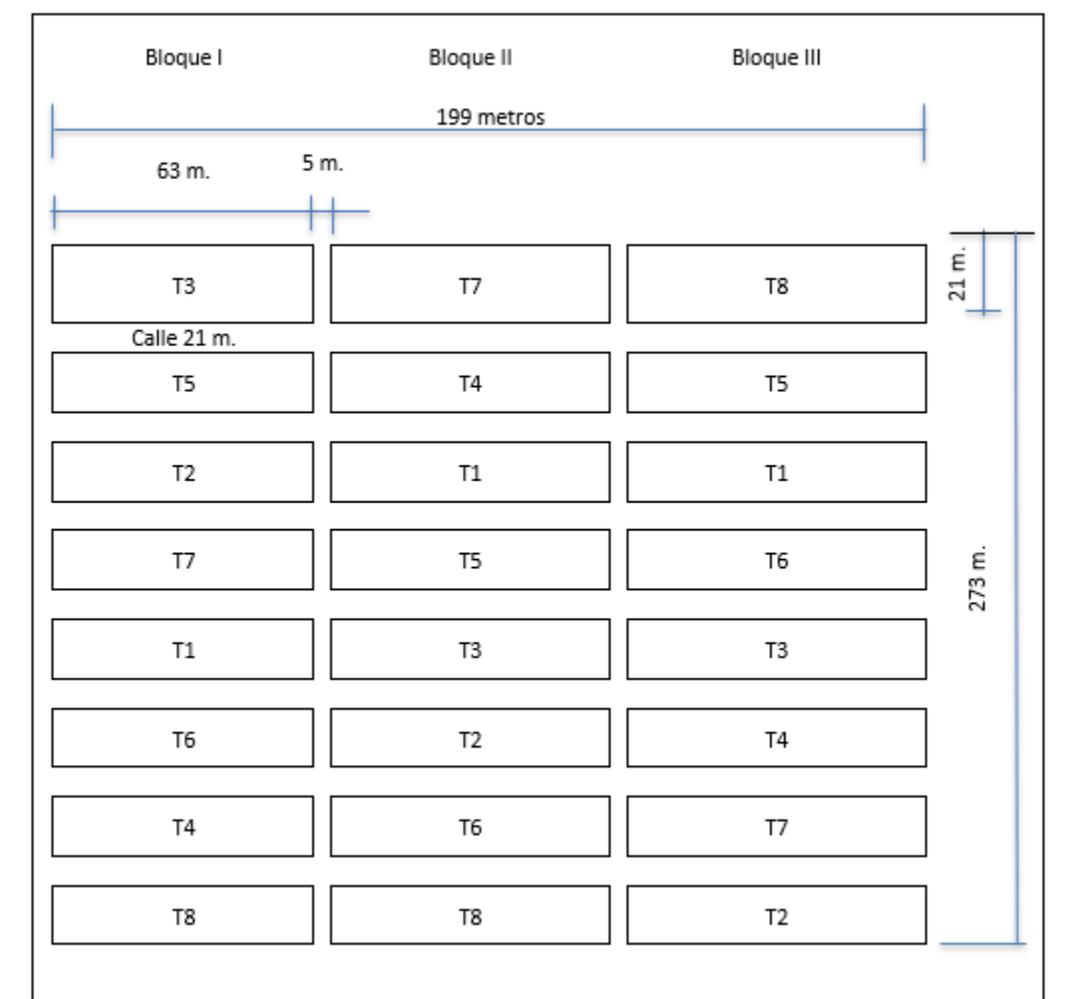


Figura 7. Croquis de la parcela bruta de investigación.

La parcela neta fue la cantidad de área o árboles muestreados para la recopilación de los datos, posterior a la aplicación de los tratamientos. En la figura siete se muestra los bloques que representan como fueron distribuidos los tratamientos en el campo, a la hora

de recopilar datos en el campo serán de cada tratamiento, siete árboles por cada unidad experimental de la parcela neta. Véase figura ocho, el cuadro rojo, será la delimitación de la parcela neta.

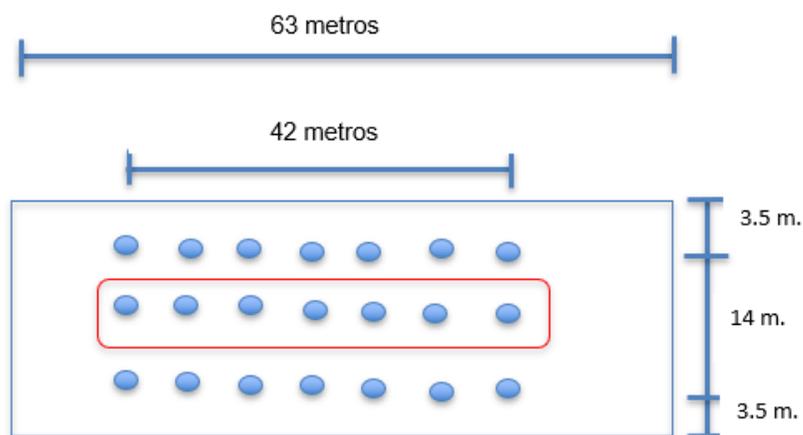


Figura 8. Croquis de parcela neta.

2.2.5. Variables de respuesta

- a) **Porcentaje de incidencia:** se tomó un muestreo de incidencia inicial de las parcelas, en la sección Esperanza se determinó un 16,4 % de incidencia de la enfermedad, posterior a la aplicación de los tratamientos, se tomaron lecturas de la incidencia de la enfermedad en la parcela de investigación, utilizando la siguiente fórmula:

$$Incidencia = \frac{\text{Plantas afectadas por tratamiento}}{\text{Total de plantas por tratamiento}} \times 100$$

- b) **Porcentaje de severidad:** se tomó un muestreo de severidad inicial de las parcelas, en la sección Esperanza, que se tomó como parcela de investigación, en la cual se realizaron muestreos para determinar la severidad y se asignó una escala de severidad, por lo tanto, se apoyó en la siguiente figura.

Escala de severidad.	0	1	2	3	4
Grado de severidad	Sano.	Ligeramente enfermo	Moderadamente enfermo.	Altamente enfermo.	Muerto.
Imagen.					
Apariencia.	Saludable (verde oscuro) Abundante raíz.	Color verde, pocas flores, poco crecimiento vegetativo, rices débiles,	Árbol amarillo, presencia de Phytophthora en el tronco del árbol, raíces débiles, poca producción, pocas flores, no hay crecimiento vegetativo.	No hay flores, no hay hojas, la mayoría de las ramas están muertas, poca producción, raíces débiles	Árbol muerto.
Color de identificación.	Ninguno.	Amarrillo.	Azul.	Rojo.	Ninguno.
Porcentaje.	0%	1-25%	26-50%	51-85%	86-100%

Figura 9. Escala de severidad de árboles enfermos por muerte súbita.

Fuente: Cuá, (2015).

Posterior a la aplicación de los tratamientos, se tomaron lecturas de la severidad de la enfermedad en la parcela de investigación, con un intervalo de 30 días. Tomando de referencia la parcela neta, que fueron 7 árboles, los cuales fueron objetos de diagnóstico visual, con base a la guía de escala de severidad según la figura nueve.

Con los datos que se obtendrán de daño de severidad, se usarán para medir la eficacia de los tratamientos, apoyándose con la metodología de Henderson-tildon.

- c) Número plantas con brotes tiernos:** se tomaron lecturas posteriores a las dos aplicaciones de los tratamientos (60 días), que son los días hábiles en que la molécula de los fungicidas sistémicos recorre toda la planta y se espera que la planta exprese su recuperación con brotes nuevos.

Las lecturas se tomaron en base al criterio de Ruiz (2004), el muestreo de emisión de tejido nuevo en árboles de macadamia, tomando de referencia el tercer medio de altura del árbol, hacia los cuatro puntos cardinales y distribuidas alrededor de la misma. Ver figura 20 en anexos.

Los brotes nuevos que se tomaron en cuenta fueron de hojas verdaderas, son aquellas de color claro y son quebradizas, es indicador clave de que este brote va ser productor.

d) Eficacia Henderson-Tildon

Esta fórmula se utiliza cuando la infestación de la enfermedad, antes de la aplicación no es uniforme.

Se realizaron 3 muestreos, uno antes de la aplicación de los tratamientos y luego dos muestreos, uno posterior a cada aplicación, donde se tomaron datos de incidencia por cada unidad experimental, con la ayuda de estos datos, se utilizó la formula siguiente:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[1 - \left(\frac{Td}{Cd} \times \frac{Ca}{Ta} \right) \right] \times 100$$

Dónde:

Ta = Infestación antes del tratamiento.

Td = Infestación después del tratamiento.

Ca = Infestación del testigo antes del tratamiento.

Cd = Infestación del testigo después del tratamiento.

e) Análisis de presupuestos parciales: se realizó un análisis de costos por medio de presupuestos parciales. Los costos totales (CT) se dividieron en costos fijos (CF) y costos variables (CV).

Los costos fijos corresponden al costo de los insumos y mano de obra empleados para la realización de la investigación.

Los costos variables corresponden al costo de los fungicidas en cada uno de los tratamientos evaluados, en función del precio unitario de cada uno y de la cantidad aplicada correspondiente.

2.3. Desarrollo de la investigación

La preparación de las mezclas se realizó en las horas de la mañana, de 7:00 a 8:00 horas y las aplicaciones se realizaron hasta un máximo de las 11:00 horas.

Se inició realizando las mezclas corrigiendo el agua, con el corrector de pH (iones hidronios) y dureza, hasta obtener un pH de 5 y una dureza no mayor de 100 ppm (carbonatos de calcio).

El equipo de aspersión se calibró en base a la descarga de mezcla (litros) en un tiempo especificado (minutos) hasta llegar a un volumen de 10 litros por árbol al drench. Se realizaron dos aspersiones con un intervalo de 30 días entre aplicación.

Se presenta el orden de las mezclas:

Cuadro 13. Orden de las mezclas de los tratamientos aplicados.

Orden de Mezclas	
Agua/solvente	Agua/solvente
Productos específicos	Reguladores de pH
	Bolsas hidrosolubles (WSB)
Productos sólidos	Gránulos solubles (SG)
	Gránulos dispersables (WG)
	Polvos humectantes (WP)
Productos líquidos	Suspensiones concentradas (SC)
	Suspensiones encapsuladas (CS)
	Suspensiones emulsionables (SE)
	Suspensiones concentradas oleosas (OD)
	Emulsiones acuosas (EW)
	Emulsiones concentradas (EC)
	Surfactantes /mojantes
	Líquidos solubles (SL)
	Líquidos, Coadyuvantes como aceites/surfactantes

La preparación de las mezclas fue a campo abierto con las dosis requeridas descritas en el cuadro 14. La cantidad de mezcla que se aplicó por árbol fue de 10 litros. Por cada tratamiento se tuvo 60 árboles, necesitando un total de 4.200 litros (24 toneles de mezcla), por cada aplicación.

El equipo para aplicación de las mezclas al suelo se realizó con la ayuda de una parihuela, utilizando un motor de 5.5 HP. Con la ayuda de dos mangueras y dos aplicadores en cada bloque, con un perímetro de 1.25 metros desde la base del suelo para afuera.

Cuadro 14. Cantidad de producto utilizado en la evaluación experimental.

Tratamiento	Producto comercial	Ingrediente activo o composición química	Dosis sugerida l/Agua	No. de aplicaciones	Total de producto
1 (Testigo Absoluto)	Testigo Absoluto (Sin Aplicación de productos)				
2 (Testigo Relativo)	Ishkamik 50 SC	Carbendazim	2.5 cc	2	3000 cc
3	Foral 80 WG	Fosetyl Aluminium	5 gr	2	6000 gr.
4	Foraxil 24 EC	Metalaxil	1.5 cc	2	1800 cc
	Luxazim 50 SC	Carbendazim	1.5 cc		1800 cc
5	Padrino 18.7 DC	Dimetomorf + Piraclostrobin	2 cc	2	2400 cc
6	Prevalor 84 SL	Focetyl + propamocarb	2.5 cc	2	3000 cc
7	Phyton 6.6 SL	Sulfato de Cobre Pentahidrato	2.5 cc	2	3000 cc
8	Rovral 50 WP	Iprodione	1.5 gr	2	1800 gr

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Determinación de la presencia de patógenos causantes de muerte súbita

1.1. Primer análisis fitopatológico antes de aplicar los tratamientos

Se realizó para determinar qué tipo de hongos están afectando a los árboles de la parcela experimental. Se presenta el resultado:

Orden:	28 - 2660		
Cliente:	OTROS SECTORES		
Unidad productiva:	MARIA DEL PILAR		
Localización:	Colomba, Quetzaltenango		
Cultivo:	Macadamia		
INFORME DE ANÁLISIS DE FITOPATOLÓGICO P-2			
		LAB_Pr108_FP2	Versión 2
No. De laboratorio	Identificación de la muestra	Agente causal	
10904	LOTE ESPERANZA	<i>Colletotrichum spp. / Cylindrocladium spp.</i>	
Preparación de la muestra: siembra en medio de cultivo. Identificación: observación directa al microscopio.			
Fecha de ingreso:	jueves, 20 de mayo de 2021	 	
Fecha de ejecución:	miércoles, 2 de junio de 2021		
Fecha de entrega:	jueves, 3 de junio de 2021		
Muestra no conforme:	No aplica		
Desviación de método:	No aplica		
		Ing. Carlos Yucuté Especialista en Plantas y Especiales	
1. Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL. 2. Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab 3. El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. 4. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB. *Todo documento fuera del servidor Control_Documentos(\nangua05) y de la carpeta \Publicados se considera una copia no controlada*			

Figura 10. Resultado del primer análisis fitopatológico, en laboratorio Analab.

Los patógenos que se encontraron en el área de la evaluación, según análisis fitopatológico a nivel de laboratorio son, el hongo *Colletotrichum* spp. y el hongo *Cylindrocladium* spp.

Las consecuencias del hongo *Colletotrichum* spp. es que en su mayoría provocan antracnosis y se pudo observar en los síntomas de amarillamiento en las hojas, además de que las hojas pasen por etapa de necrosis.

También, ambos hongos *Cilyndrocadium* spp. y *Colletotrichum* spp, se pudo observar que en sus raíces cuando se estaban extrayendo para el análisis fitopatológico, en el micelio en las raíces, un color marrón oscuro.

1.2. Segundo análisis fitopatológico después de aplicar los tratamientos

Se realizó este análisis, determinando que tipo de hongos están afectando los árboles una vez aplicados los tratamientos en la parcela experimental.

Orden:	28 - 3794		
Cliente:	PROYECTOS AGRICOLAS COSTA SUR, S.A.		
Unidad productiva:	MARIA DEL PILAR		
Localización:	Colomba, Quetzaltenango		
Cultivo:	Macadamia		
INFORME DE ANÁLISIS DE FITOPATOLÓGICO P-2			
		LAB_Pr108_FP2	Versión 2
No. De laboratorio	Identificación de la muestra	Agente causal	
14416	LOTE T6 SECCIÓN ESPERANZA	<i>Metarhizium</i> sp. / <i>Colletotrichum</i> sp.	
14417	LOTE T1 TESTIGO SECCIÓN ESPERANZA	<i>Verticillium</i> sp. / <i>Fusarium</i> sp.	
Preparación de la muestra: siembra en medio de cultivo. Identificación: observación directa al microscopio.			
Fecha de ingreso:	lunes, 13 de septiembre de 2021		
Fecha de ejecución:	lunes, 20 de septiembre de 2021		
Fecha de entrega:	lunes, 20 de septiembre de 2021		
Muestra no conforme:	No aplica		
Desviación de métodos:	No aplica		
		  Ing. Carlos Yuzuté Especialista en Plantas y Especiales	
1. Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL. 2. Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab. 3. El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. 4. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB. *Todo documento fuera del servidor Control_Documentos(tanogua05) y de la carpeta 'Publicados se considera una copia no controlada'			
5a. calle 0-50, zona 14, Ciudad de Guatemala		Email: analab@anacafe.org www.anacafe.org	
		Página 1 de 1 PBX: 2421-3700 ext. 1132, 1133 y 1137	

Figura 11. Resultado del segundo análisis fitopatológico, en laboratorio Analab.

Se realizó al tratamiento que estadísticamente fue el más eficaz, tratamiento con Fosetyl + Propamocarb (T6), y el otro tratamiento al que se le realizó el análisis, fue al testigo absoluto (T1, sin aplicación).

Para el tratamiento con Fosetyl + Propamocarb (T6), se determinó que los hongos presentes fueron *Metarhizium* sp. y *Colletotrichum* sp.

Metarhizium es un hongo imperfecto de color verde oliva, pertenece a la subdivisión Deuteromycotina, clase Hyphomycetes. Su reproducción es asexual, en conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas (Perkinsltda, s.f.).

Para el tratamiento del testigo absoluto (T1, sin aplicación), se determinó los siguientes hongos: *Verticillium* sp. y *Fusarium* sp.

El hongo *Verticillium* sp. provoca marchitamiento en tejidos, lo que se pudo observar en tejidos de ramas, hojas y fruto, en árboles de macadamia donde no se aplicó ningún tratamiento, fue el tratamiento testigo.

Por otra parte, se hizo el hallazgo de otro patógeno en la misma área donde no se aplicó ningún tratamiento, el patógeno que fue hallado, es el del hongo *Fusarium* sp., el cual es un patógeno que es muy severo, ya que causa diversas enfermedades de tipo marchitamiento y pudrición. Estos síntomas también se observaron en árboles de macadamia, que los tejidos sufrían marchitamiento y pudrición de raíces, lo que evitaba que la planta se alimentara de agua y nutrientes, provocando su muerte.

En pocas semanas el patógeno puede ocasionar la muerte de plantas completas o de sus órganos que se localizan por arriba del punto de invasión vascular en la mayoría de las plantas anuales y algunas perennes, aunque en algunas plantas de este último grupo no mueren sino hasta después de varios años a partir del momento en que fueron infectadas por el hongo (Fitopatología Agrios, 2017). De esta manera cuando hay plantaciones de *C. arábica*, y son atacadas por enfermedades de estos patógenos, después de un tiempo, cuando introducen plantaciones de árboles frutales, estas enfermedades pueden ser transmisoras de enfermedades a las plantaciones nuevas.

Por lo común, el patógeno continúa propagándose internamente en forma de micelio o conidios a través de los vasos xilémicos hasta que muere toda la planta. En tanto la planta infectada continúe viviendo, el hongo que produce los marchitamientos vasculares se limita a los tejidos vasculares (xilema) y a algunas células circunvecinas y nunca sale a la superficie de la planta —incluso tampoco produce esporas. Sólo cuando la enfermedad

ocasiona la muerte de una planta infectada, el hongo se propaga hacia otros tejidos y esporula en la planta muerta o sobre la superficie de ésta. (Fitopatología Agrios, 2017).

En los resultados de análisis fitopatológico de raíces que se realizaron, se esperaba determinar que el agente causal, fuese *Rosellinia* sp. debido a que en la literatura se mencionan como el agente causal, de tal manera que los síntomas que se observaron en las plantaciones de *M. integrifolia*, de finca María del Pilar, los agentes causales que estaban provocando las decadencias de los árboles, síntomas que provocaban, coloración café, pérdida del follaje de los árboles, ya no había emisión de brotes, por lo tanto los tejidos de los árboles sufrían una mortalidad, hasta el punto de que los árboles morían.

La enfermedad de muerte súbita se da por fases, Sol (2011) menciona que existe una diversidad de agentes causales, que provocan que árboles frutales mueran, la fase inicial es provocada por un complejo de hongos, y a medida que la enfermedad avanza en el árbol, así van apareciendo los agentes causales. *Verticillium* sp. y *Fusarium* sp. fueron los agentes causales que ahorcaban las raíces de los árboles de *M. integrifolia*, y provocaba deficiencias en ellos.

2. Evaluación de la efectividad de los tratamientos sobre la incidencia y severidad de muerte súbita

2.1. Incidencia de la enfermedad

Se presentó en árboles del cultivo de *M. integrifolia*; en el primer muestreo que se realizó, antes de la aplicación de los tratamientos, al menos dos a cuatro árboles, de 20 evaluados en cada unidad experimental, presentaban síntomas de la enfermedad. Después de las aplicaciones de los tratamientos, se realizaron muestreos y se promediaron, se determinó que al menos uno o dos árboles seguían enfermos.

Se realizó un gráfico para observar la comparación de la incidencia de los tratamientos, antes y después de las aplicaciones de los fungicidas:

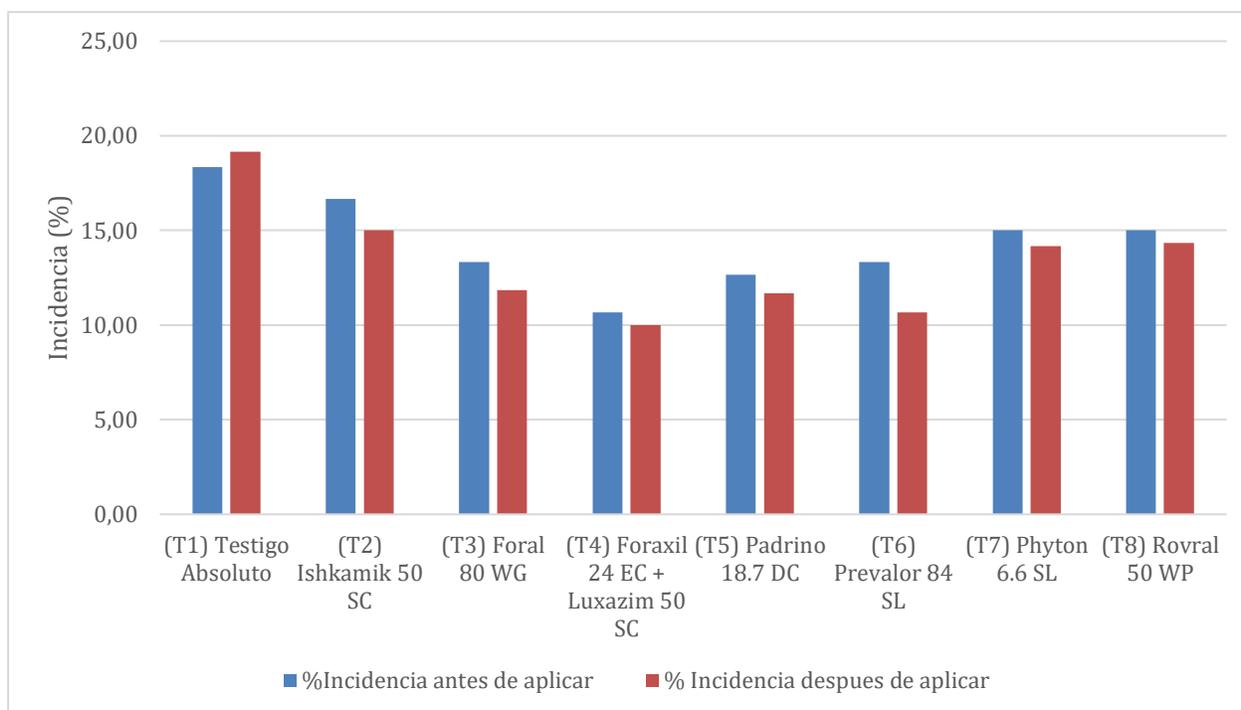


Figura 12. Incidencia (%) antes y después de la aplicación de los tratamientos.

En el gráfico de la figura 12, se puede observar el promedio de la incidencia (%) de árboles enfermos, las barras de color azul simbolizan la incidencia que se tomó en el primer muestreo de árboles antes de la aplicación de los fungicidas evaluados. Los tratamientos que se le aplicaron fungicidas, recuperaron al menos un árbol enfermo, de tres a cinco árboles que por tratamiento presentaban la enfermedad.

Cuadro 15. Porcentaje promedio de incidencia de árboles de macadamia enfermos.

Tratamiento	Incidencia antes de aplicaciones (%)	Incidencia después de aplicaciones (%)
(T1) Testigo Absoluto (sin aplicación)	18,33	19,17
(T2) Carbendazim (Ishkamik 50 SC)	16,67	15,00
(T3) Fosetyl Aluminium (Foral 80 WG)	13,33	11,83
(T4) Metalaxil + Carbendazim (Foraxil 24 EC + Luxazim 50 SC)	10,67	10,00
(T5) Dimetomorf + Piraclostrobin (Padrino 18.7 DC)	12,67	11,67
(T6) Fosetyl + Propamocarb (Prevalor 84 SL)	13,33	10,67

(T7) Sulfato de Cobre Pentahidrato (Phyton 6.6 SL)	15,00	14,17
(T8) Iprodione (Rovral 50 WP)	15,00	14,33

Como se observa, el tratamiento con Fosetyl + Propamocarb (T6), después de aplicar el producto, redujo la incidencia (%), de un 13,33% a 10,67%, siendo uno de los mejores tratamientos que funciona como preventivo para esta enfermedad. Además, el tratamiento con Carbendazim (T2, testigo relativo), le sigue como segundo mejor tratamiento, reduciendo el porcentaje de incidencia de 16,67 a 15,00 %.

Análisis Estadístico

Se presenta el cuadro de los datos con promedios obtenidos en campo, con los datos transformados que fueron utilizados en el software infostat, 2019.

Cuadro 16. Datos de promedios del primer muestreo de % incidencia obtenidos en campo y datos transformados para uso de andeva.

Tratamiento	% Incidencia	% Incidencia (Datos Transformados)
(T1) Testigo Absoluto	20,00	1,11
(T2) Ishkamik 50 SC	13,33	1,20
(T3) Foral 80 WG	8,33	1,28
(T4) Foraxil 24 EC + Luxazim 50 SC	8,33	1,28
(T5) Padrino 18.7 DC	11,67	1,23
(T6) Prevalor 84 SL	10,00	1,26
(T7) Phyton 6.6 SL	13,33	1,21
(T8) Rovral 50 WP	15,00	1,18

A continuación, el análisis de andevas con covarianza, utilizando el primer muestreo de datos de incidencia, antes que se realizara la aplicación del primer tratamiento, este dato se utilizó como Andeva para covariable, y el dato de muestreo posterior a la primera aplicación del primer tratamiento como Andeva de variable respuesta. Se obtuvo el siguiente cuadro de análisis de Andeva.

Cuadro 17. Primer análisis de la varianza para la variable respuesta incidencia en árboles de macadamia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,03	7	0,00042	1,21	0,3631
Bloque	0,01	2	0,01	1,76	0,2103
Covarianza	0,07	1	0,07	21,32	0,0003
Error	0,04	13	0,003		
Total	0,19	23			

Cv: 4.83

Se observa el cuadro de análisis de Andeva, con un coeficiente de variación de 4.83 y a un nivel de significancia de 0.05 se concluye que no existe significancia alguna en los tratamientos, debido a que p-valor es mayor o igual a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula. Que todos los tratamientos reportan el mismo efecto en cuanto a la variable respuesta, porcentaje de incidencia en árboles de macadamia ***M. integrifolia***

Para el segundo análisis se utilizó el dato del segundo muestreo como Andeva para la covarianza, por lo tanto, el dato de muestreo de incidencia del tercer muestreo se utilizó como dato para Andeva de variable respuesta porcentaje de incidencia en árboles de macadamia. ***M. integrifolia***

En el experimento de la investigación, se tenía la variable de porcentaje de incidencia, la cual, se obtuvo de tres muestreos antes y durante las aplicaciones, lo cual fue de utilidad utilizar covarianza, evitando de esta manera que los promedios de tratamientos se confundieran con los de las covariables, incrementando de esa manera la precisión del experimento. reduciendo el error experimental.

Cuadro 18. Datos de promedios del segundo muestreo de % incidencia obtenidos en campo y datos transformados para uso de andeva.

Tratamiento	% Incidencia	% Incidencia (Datos transformados)
(T1) Testigo Absoluto	23,33	1,07
(T2) Ishkamik 50 SC	11,67	1,22
(T3) Foral 80 WG	8,33	1,28
(T4) Foraxil 24 EC + Luxazim 50 SC	10,00	1,26
(T5) Padrino 18.7 DC	13,33	1,20
(T6) Prevalor 84 SL	6,67	1,31
(T7) Phytan 6.6 SL	13,33	1,21
(T8) Rovral 50 WP	18,33	1,13

Cuadro 19. Segundo análisis de varianza para la variable respuesta Porcentaje de Incidencia en árboles de Macadamia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,04	7	0,01	3,2	0,0335
Bloque	0,0003	2	0,0001	0,1	0,908
Covarianza	0,06	1	0,06	31,7	0,0001
Error	0,02	13	0,00003		
Total	0,22	23			

Cv: 3.47

En el cuadro anterior se observa el segundo cuadro de análisis de Andeva, con un coeficiente de variación de 3.47 y a un nivel de significancia de 0.05 se concluye en los tratamientos y en la Andeva covarianza existe significancia estadística, debido a que p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, donde al menos unos de los tratamientos reporta diferente efecto en cuanto a la variable respuesta, porcentaje de incidencia en árboles de macadamia *M. integrifolia*. por lo tanto, es necesario realizar una prueba de medias.

Cuadro 20. Análisis de Prueba de medias según tukey para la variable respuesta Porcentaje de Incidencia en árboles de macadamia.

Tratamiento	Medias	Significancia	
(T6) Prevalor 84 SL	1,15	A	
(T8) Rovral 50 wp	1,15	A	
(T5) Padrino18.7 DC	1,19	A	B
(T4) Foraxil 24 EC + Luxazim	1,21	A	B
(T7) Phyton 6.6 SL	1,22	A	B
(T2) Ishkamik 50 SC	1,24	A	B
(T3) Foral 80 WG	1,24	A	B
(T1) Testigo Absoluto	1,29		B

En el cuadro anterior se observa la prueba de medias según tukey a un nivel de significancia del 0.05 donde se puede analizar que los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8) estadísticamente son iguales, presentando un promedio de media de 1,15, equivalente a 11,33 % de incidencia. Por lo tanto, demuestra un mayor control en la incidencia de las especies patógenas *Verticilium sp.* y *Fusarium sp.*

Estadísticamente en el análisis de Andeva, los tratamientos presentaron un nivel de significancia, por lo tanto en la prueba de medias se determinó que todos los tratamientos exceptuando el testigo absoluto, se obtuvo el mismo efecto en cuanto a la variable respuesta "Porcentaje de incidencia", por lo que a bien se utilizó el análisis de covarianza, que nos ayudó a reducir el grado de error experimental, ya que por el tipo de variable continua y que se obtuvo tres muestreos distintos de porcentaje de incidencia, se buscaba comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa, pero "corrigiendo" las posibles diferencias existentes entre los grupos. Por lo tanto, los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8) ayudan a reducir el porcentaje de incidencia de las especies patógenas *Fusarium sp.* y *Colletotricum sp.* Aunque se observó en campo que el tratamiento no. 2 demostraba un mejor efecto preventivo en comparación de los tratamientos 5,4,7,3 y testigo absoluto (T1), debido a que los árboles presentaron mejoría y la enfermedad no continuó avanzando en el sistema de la planta. Por aparte, los árboles que pertenecían al tratamiento uno, que era el tratamiento testigo absoluto, no se le aplicó fungicida, por consiguiente, la enfermedad que presentaron estos árboles, continuó avanzando, hasta el grado que los árboles del tratamiento no.1 se secaron por completo.

Según Fitopatología Agrios (2017) “Durante el proceso de infección, las especies fitopatógenas del género *Fusarium* inicialmente colonizan las células vivas de la planta rompiendo la pared celular”.

De esta manera, en las raíces de las plantas se dificulta el transporte de nutrientes al sistema de la planta. Por lo tanto, la planta empieza a tener deficiencias, como caída de las hojas, retención de floración, los frutos se secan, etc. El árbol empieza a morir.

Con esto se demuestra que la aplicación de fungicidas ayuda a un control preventivo y disminuye el daño de la enfermedad, siempre y cuando esta enfermedad no esté avanzada, de lo contrario, sin aplicación preventiva y curativa, la enfermedad se prolonga y avanza por todo el sistema de la planta, provocando la muerte del árbol.

En conclusión, estadísticamente, a un nivel de significancia del 0.05, los tratamientos del (T1.. a T8), son iguales y reducen el porcentaje de incidencia de la enfermedad de muerte súbita, en árboles de macadamia.

2.2. Severidad de la enfermedad

En la variable respuesta de severidad, se utilizó una guía de escala de severidad propuesta por Cua (2015), del grado de daño de la enfermedad en los árboles de macadamia, (ver figura nueve).

Estas escalas de severidad poseen un porcentaje, el cual se registró días antes de la aplicación de los tratamientos y otras dos lecturas, 30 días después de las aplicaciones de los tratamientos. (ver figura 13).

La primera aplicación de los tratamientos se realizó a los siete días después del primer muestreo de datos, el efecto en los tratamientos se observó a los 30 días después de la primera aplicación; y la segunda aplicación posterior a los 30 días de la primera aplicación.

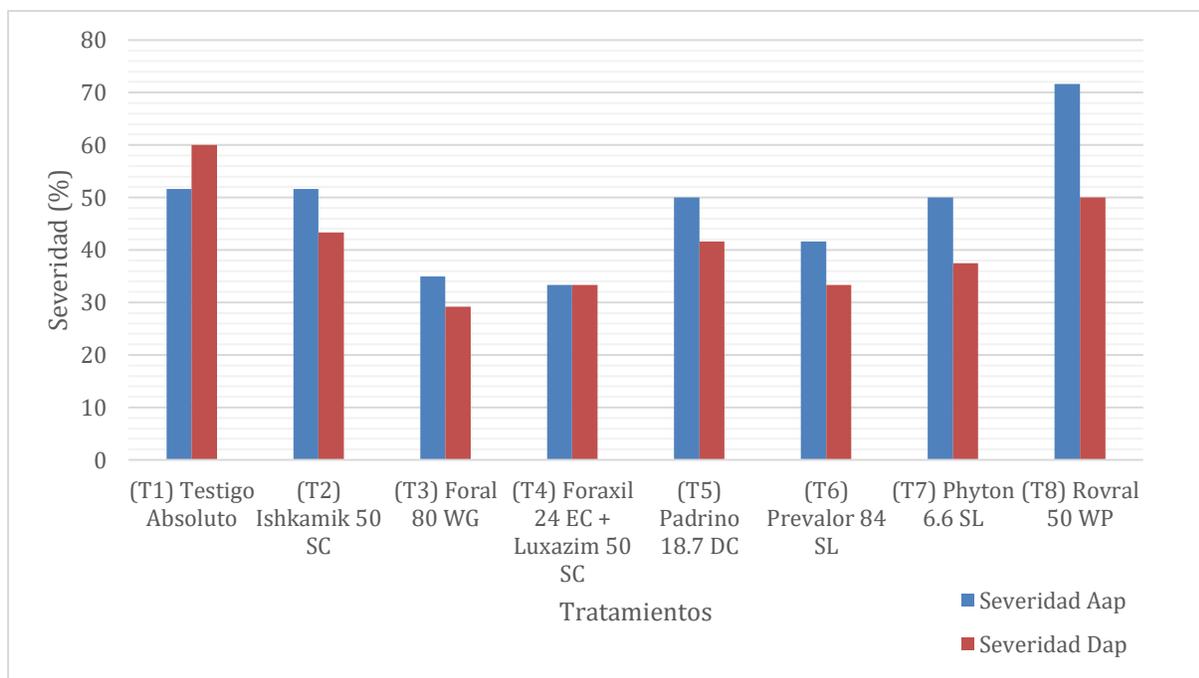


Figura 13. Porcentaje promedio del grado de severidad de la enfermedad.

El tratamiento con Carbendazim (T2), siendo el fungicida Ishkamick 50 SC con dosis de 2.5 cc/l, antes de la aplicación se encontraba en una Escala 3 de severidad, arriba de 50%, por lo tanto, en este tratamiento se redujo el porcentaje de severidad que se sitúa a un 42%, pasando de Escala 3 a Escala 2 (Moderadamente enfermo).

El fungicida sistémico Ishkamick 50 SC posee como ingrediente activo Carbendazim, de acción preventiva y curativa, que se absorbe a través del tallo, hojas, raíces, se distribuye internamente en las plantas, actuando contra diversas especies de hongos, controlando la enfermedad, pero si la enfermedad se encuentra en una Escala de Severidad de 51 a 85% (Escala 3, Altamente enfermo), ya no se logra recuperar el árbol.

Para el tratamiento con Focetyl + Propamocarb (T6), siendo el fungicida sistémico Prevalor 64 SL, con una dosis de 2.5 cc/l, se redujo la severidad un 10%, en este tratamiento se recuperaron dos árboles que estaban en Escala de Severidad 2 (Moderadamente enfermo) con un porcentaje de 26 a 50% de severidad, pasaron a Escala de Severidad 1 (Levemente enfermo) de 1 a 25 % de daño. Gracias a que este fungicida sistémico con acción protectora y curativa.

Los demás tratamientos reducen el porcentaje de severidad, siempre y cuando estén en un porcentaje de severidad 25% a 50 %, quiere decir en Escala 1 a 2; en las Escalas de Severidad de 3 a 4, la enfermedad está muy avanzada y no se puede controlar la enfermedad.

Con los datos de porcentajes de severidad se utilizaron para realizar, un análisis de efectividad de los tratamientos donde se utilizó la metodología de Henderson-Tildón

La eficacia es la manera de expresar el efecto de un tratamiento aplicado en forma de porcentaje. Sirve para medir si el tratamiento es eficaz en el control de la enfermedad. se muestra la eficacia de los tratamientos en todo el período de evaluación de los fungicidas. (ver figura 14).

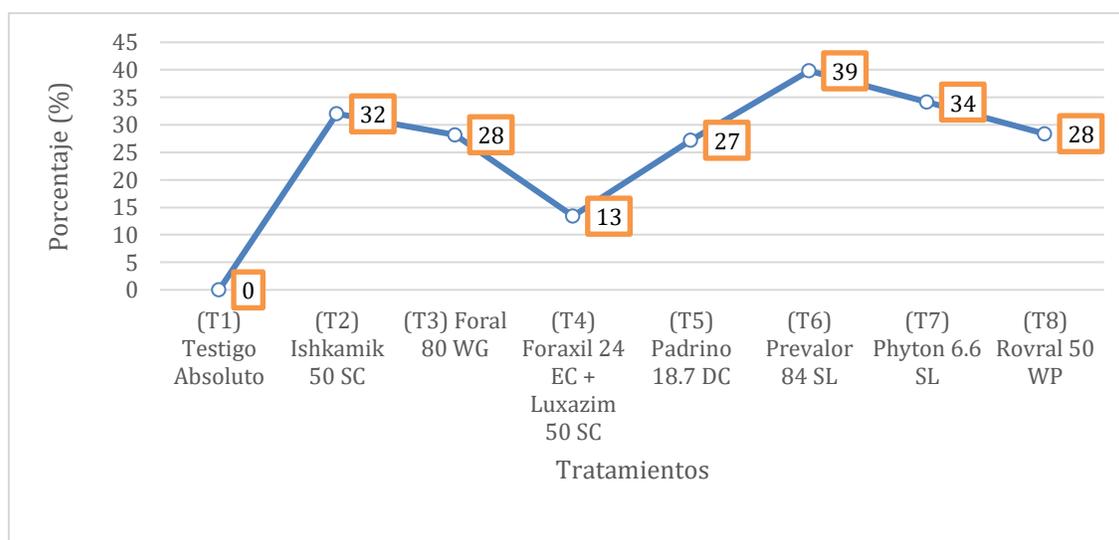


Figura 14. Porcentaje de eficacia de los tratamientos según la metodología de Henderson - Tildón.

Se observa el porcentaje de la eficacia de los tratamientos, en la que posiciona en rangos de mayor a menor en porcentaje, de cual tratamiento demostró mejor eficacia a comparación de los demás.

Los fungicidas de los tratamientos con Focetyl + Propamocarb (T6), con Sulfato de Cobre Pentahidratado (T7) y con Carbendazim (T2), todos en dosis de 2.5 cc/l, presentaron

mayor eficacia después de la primera y segunda aplicaciones, con valores de eficacia de 39%, 34% y 32.00%, respectivamente. Estos datos se basaron en los resultados del porcentaje de severidad antes y después de las aplicaciones de los tratamientos. Por lo tanto, se buscaba determinar el producto de mayor eficacia en reducir la severidad de la enfermedad y el tratamiento de mayor eficacia fue el fungicida Fosetyl + Propamocarb (Prevalor 85 SL) que pertenece al tratamiento seis.

El fungicida Prevalor 84 SL, gracias a su ingrediente activo Fosetyl-aluminium, ha dado resultados positivos, ya que afecta la germinación y penetración de las esporas del patógeno a la planta.

Como curativo (aplicado al aparecer los primeros síntomas), impide el crecimiento del micelio del patógeno y su esporulación. Además, tiene efecto indirecto al estimular el óptimo desarrollo de las plantas y sus mecanismos de autodefensa, fomentando una resistencia sistémica adquirida en los cultivos. Por lo tanto, este fungicida prevalece en los demás fungicidas.

2.3. Número de brotes tiernos

Después de las aplicaciones de los tratamientos, se dio un lapso de 30 a 40 días. Chum (2011) indica que “El tejido nuevo en árboles de macadamia se da a las tres o cuatro semanas”. De tal manera que, pasado este tiempo, para observar y tomar lecturas de la emisión de brotes nuevos.

Por lo tanto, esta variable respuesta ayudó a determinar en campo, que el tratamiento en efecto realizaba un efecto de mejoría en los árboles enfermos por las especies patógenas *Fusarium sp.* y *Collecotricum sp.* ya que la emisión de brotes nuevos era indicio que los tejidos dañados eran regenerados por las propiedades curativas de los tratamientos. A continuación, los cuadros que presentan los resultados en campo y de anova de la variable respuesta Numero de brotes nuevos en árboles de macadamia.

Cuadro 21. Datos recolectados en campo de Numero de brotes nuevos y datos transformados para uso de Andeva.

Tratamiento	Número de brotes nuevos	Número de brotes nuevos (Datos transformados)
(T1) Testigo Absoluto	6,67	1,31
(T2) Ishkamik 50 SC	11,67	1,22
(T3) Foral 80 WG	8,33	1,28
(T4) Foraxil 24 EC + Luxazim 50 SC	10,00	1,26
(T5) Padrino 18.7 DC	13,33	1,20
(T6) Prevalor 84 SL	23,33	1,07
(T7) Phytton 6.6 SL	13,33	1,21
(T8) Rovral 50 WP	18,33	1,13

Las lecturas que se tabularon se analizaron en el programa estadístico Info stat, 2019. Y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). En los siguientes cuadros se describen los análisis estadísticos.

Cuadro 22. Análisis de la varianza para la variable número de brotes nuevos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,73	7	0,1	26,73	0,001
Bloque	0,01	2	0,01	1,91	0,19
Covarianza	0,21	1	0,21	57,88	0,0001
Error	0,04	12	0,0036		
Total	0,99	22			

Cv: 5.46%

En el cuadro 18 se presenta el análisis de varianza, según el cual existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto al número de brotes nuevos, indicador de que los fungicidas hicieron efecto, ya que el valor observado de F (F_o) es superior al valor crítico, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Con base en estos resultados, se realizó la Prueba de Medias según Tukey.

La variabilidad experimental debido al manejo del experimento fue relativamente baja ya que se encuentra por debajo del 20%. Teniendo un coeficiente de variación de 5,46 %

De acuerdo a los resultados anteriores, la Prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, presentó los siguientes resultados.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable respuesta del número de brotes nuevos en árboles de Macadamia.

Tratamiento	Medias	Significancia		
(T6) Prevalor 84 SL	1,21	A		
(T7) Phytol 6.6 SL	1,19	A	B	
(T8) Rovral 50 WP	1,14	A	B	
(T5) Padrino 18.7 DC	1,12	A	B	
(T3) Foral 80 WG	1,11	A	B	
(T4) Foraxil 24 EC + Luxazim	1,03	A	B	C
(T2) Ishkamik 50 SC	1,01		B	C
(T1) Testigo Absoluto	0,93			C

La Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% determinó que estadísticamente y bajo las condiciones del sitio de la investigación, los tratamientos (T3, T4, T5, T6, T7 y T8), estadísticamente son iguales, resultando así el mismo efecto en cuanto a la variable respuesta número de brotes nuevos en arboles de macadamia, teniendo un promedio de 11.66 brotes nuevos, por lo tanto se puede utilizar cualquier de estos 6 tratamientos, una alternativa económica para poder emplearlo es el T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), económicamente es viable para usarlo en la unidad productiva. ya que el costo seria de Q. **2832,53** por hectárea.

Los tratamientos 2 y 1, estadísticamente son similares, en cuanto a la variable respuesta número de brotes nuevos, teniendo un promedio de 8.5 brotes nuevos, ya que se encuentran por debajo de los 6 tratamientos antes mencionados.

Entre mas brotes nuevos emita un árbol es ganancia para la unidad productiva, ya que estos brotes se convierten en ramas fructíferas, y así aumenta la producción de frutos por árbol.

Estadísticamente los tratamientos (T3, T4, T5, T6, T7 y T8) fueron los mejores en cuanto a la emisión de brotes nuevos, debido a que se encontró un promedio de 11,66 brotes nuevos.

Mientras que los tratamientos (T1 y T2) resultaron ser los menos efectivos, debido a que se encontró un promedio de 8,2 brotes nuevos. Por lo tanto, en cuanto a la variable de respuesta de número de brotes tiernos, se recomienda la utilización del tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC) debido a que mejora la emisión de brotes nuevos a un promedio de 11,66, además de resultar siendo el tratamiento más económico entre los cinco mejores fungicidas evaluados en el cultivo de *M. integrifolia*.

2.4. Análisis de costos de los tratamientos

Al final de las aplicaciones de los tratamientos, se realizó el análisis de los costos de los tratamientos por medio de presupuestos parciales. Los costos totales (CT) son la sumatoria de los costos fijos (CF) y los costos variables (CV).

Los costos fijos (cuadro 21, anexos) están constituidos por los insumos y mano de obra necesarios para la ejecución de la investigación, los cuales ascienden a Q1,911.42.

Los costos variables (cuadro 22, anexos) están conformados por el costo de los fungicidas aplicados en cada tratamiento, los cuales varían en función del precio unitario de cada uno y la cantidad aplicada correspondiente. El caso del tratamiento cuatro, es importante aclarar que sus costos variables son la sumatoria de los dos fungicidas aplicados.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los costos totales (costos fijos + costos variables) de los tratamientos evaluados.

Cuadro 24. Resumen de costos totales de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Costos Fijos	Costos Variables	Costos Totales en 0.80 ha	Costos Totales/Ha
T1: Testigo absoluto	Q1,911.42	Q0.00	Q1,911.42	2389,28
T2: Fungicida Ishkamik 50 SC	Q1,911.42	Q270.00	Q2,181.42	2726,78
T3: Fungicida Foral 80 WG	Q1,911.42	Q450.00	Q2,361.42	2951,78
T4: Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC	Q1,911.42	Q354.60	Q2,266.02	2832,53
T5: Fungicida Padrino 18.7 DC	Q1,911.42	Q708.00	Q2,619.42	3274,28
T6: Fungicida Prevalor 84 SL	Q1,911.42	Q1,149.00	Q3,060.42	3825,53
T7: Fungicida Python 6.6 SL	Q1,911.42	Q1,237.50	Q3,148.92	3936,15
T8: Fungicida Rovral 50 WP	Q1,911.42	Q1,224.00	Q3,135.42	3919,28

El tratamiento uno, siendo el testigo absoluto, en el cual no se aplicó ningún fungicida, que presenta la incidencia de 19%, una Escala de Severidad 3 (Moderadamente enfermo), tiene el menor costo total Q.2389.28/ha.

El tratamiento que estadísticamente fue el mejor, Fosetyl + Propamocarb (T6, Fungicida Prevalor 84 SL) presenta un costo total de Q3,825.53 tratamiento con el cual se logró reducir la incidencia de 13.33% a 11.33%, y se redujo la severidad un 10%, en este tratamiento se recuperaron dos árboles que estaban en Escala de Severidad 2 (Moderadamente enfermo) con un porcentaje de 26 a 50% de severidad, pasaron a Escala de Severidad 1 (Levemente enfermo) de 1 a 25 % de daño. Éste es un fungicida sistémico con acción protectora y curativa.

Según (Administración Finca María del Pilar, 2021), En finca María del pilar, se han realizado análisis de rendimiento de frutos por árbol, siendo estos 11.36 kg por árbol de macadamia, por lo tanto, en la investigación experimental se trabajó por tratamiento 0.80 ha, lo cual integraban 60 árboles de macadamia aproximadamente. Debido a esto, se realiza un comparativo donde se recuperan 60 árboles de macadamia, se tendrá un rendimiento de 681.82 kg de fruto de macadamia en verde, teniendo en cuenta, que la relación de macadamia en verde a macadamia en concha, es 2:1 es decir, que, por 90.9 kg (2 qq) de fruto de macadamia en verde, se obtiene 45.45 kg (1 qq) de macadamia en

concha. Por lo tanto, se obtiene un rendimiento de fruto de macadamia en concha de 340.90 kg, a un precio de mercado de Q 800.00 por 45.45 kg, se tendría una ganancia de Q 7000 quetzales.

Entonces si se emplea el tratamiento Fosetyl + Propamocarb (T6, Fungicida Prevalor 84 SL) a un costo total de Q 3,825.53, se tendría una diferencia de Q 3, 174.47 lo cual sería el ingreso económico que se tendría, recuperando estos 60 árboles de macadamia en 0.80 ha.

Los otros dos tratamientos que estadísticamente presentaron mejores resultados, en cuanto a la variable respuesta severidad, el tratamiento con Carbendazim (T2, Fungicida Ishkamik 50 SC), presentó un costo total de Q 2,726.78/ha, siendo el tratamiento de menor costo total; y el tratamiento con Ipridione (T8, Fungicida Rovral 50 WP), presentó un costo total de Q 3,919.28/ha, siendo el segundo tratamiento de mayor costo total.

El tratamiento con Carbendazim (T2) es el más económico de todos los tratamientos, en comparación del tratamiento con Fosetyl + Propamocarb (T6), con una diferencia económica de Q 967.50; puede ser una alternativa para el control de la enfermedad en árboles de *M. integrifolia*.

VII. CONCLUSIONES

1. Los patógenos que se encontraron en el área de la evaluación en el cultivo de *M. integrifolia*, según análisis fitopatológico a nivel de laboratorio, son el hongo *Colletotrichum* spp. y el hongo *Cilyndrocadium* spp.
2. Estadísticamente con un 0.05 de significancia, se acepta la hipótesis nula, es decir que todos los tratamientos presentan el mismo efecto en cuanto a la variable respuesta de porcentaje de incidencia.
3. De acuerdo a la metodología aplicada de Henderson Tildón, el tratamiento con Focetyl + Propamocarb (T6, Fungicida Prevalor 64 SL), obtuvo la mayor eficacia de 39% en cuanto a reducir el porcentaje de severidad de la enfermedad muerte súbita en los árboles de *M. integrifolia*. por aparte, los demás tratamientos reducen el porcentaje de severidad, siempre y cuando se encuentren en Escalas de Severidad de 1 a 2. En las Escalas de Severidad de 3 a 4, la enfermedad de muerte súbita, está muy avanzada y no se puede controlar la misma.
4. Estadísticamente y a un nivel de significancia del 0.05 se determinó que el tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC) es el que presenta los mejores resultados en cuanto a número de brotes nuevos, con una media de 11,66 brotes nuevos. En comparación con los demás tratamientos.
5. Los costos totales para el tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), económicamente es viable para usarlo en la unidad productiva. ya que el costo sería de Q 2832,53 por hectárea.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Es conveniente aplicar el Tratamiento T4 (Fungicida Luxazim 50 SC + Foraxil 24 EC), debido a que resulta ser el más rentable en cuanto a costos, además de controlar la muerte súbita ocasionada por *Fusarium* spp. Y *Verticillium* spp. y resultar demostrando un mayor rendimiento en cuanto a la emisión de brotes nuevos en los árboles de *M. integrifolia*.
2. Monitorear los niveles de incidencia anualmente, preferiblemente a principio de la estación seca y a principios de la estación lluviosa.
3. Realizar evaluaciones con productos biológicos para identificar otras alternativas ecológicas en el cultivo de *M. integrifolia* por el control de Muerte súbita.
4. El cultivo de *M. integrifolia* se mantiene en constante producción y por el ciclo de los hongos *Verticillium* sp. y *Fusarium* sp. además otros agentes causales de esta enfermedad de muerte súbita, logra subsistir durante todo el año, es importante disminuir la infestación de dicha enfermedad, beneficiando el aumento de rendimiento en producción de la nuez de calidad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrocentro. (s.f.). Recuperado el 24 de noviembre de 2022, de <https://agrocentro.com/producto/ishkamik-50-sc/>

Anacafe. (agosto de 2004). *Cultivo de Macadamia*. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de Yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14782839/cultivo-de-la-nuez-de-macadamia>

Anacafe. (enero de 2008). Recuperado el 09 de marzo de 2021, de https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_nuez_macadamia

Angulo, R. (s.f.). *Guía de cultivo y consejos sobre el árbol de macadamia*. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de Agromatica: <https://www.agromatica.es/cultivo-de-macadamia/>

Armadans, A. (2007). *Cultivo de Macadamia en el Paraguay*. Paraguay: FCA-UNA.

Baez, I., Alvarez, B., Garcia, R., Sañudo, A., & Molar, R. (septiembre de 2017). *Situación actual de Colletotrichums spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control*. Recuperado el 30 de Agosto de 2021, de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092017000300549

Bolaños, M. (25 de junio de 2018). *Mas mercado, oferta nacional se adapta a Asia*. Recuperado el 04 de abril de 2021, de Prensa libre: <https://www.pressreader.com/guatemala/prensa-libre/20180625/281685435575959>

Casagri. (s.f.). Ficha Técnica Prevalor 84 sl. Recuperado el 24 de noviembre de 2022, de <http://casagri.co.cr/wp-content/uploads/fichatecnica/60019.pdf>

Cenicafe. (1996). *Enfermedades de la macadamia en la zona central*. Obtenido de [http://kimera.com/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA%20CA FETERA/H%20-](http://kimera.com/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA%20CA%20FETERA/H%20-)

- Chum, B. (2011). Efecto de la injertación a diferente altura del porta injerto sobre el prendimiento y brotación en macadamia (*Macadamia integrifolia*), en finca Santa Emilia, Pochuta Chimaltenango. Escuintla: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Rafael Landívar.
- Conafor. (2008). *Cylindrocladium* sp. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/08%20Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os%20nativas/Cylindrocladium_Version%20Larga.pdf
- Cua, N. (2015). *Evaluación De Tres Dosis De Fosfito Potásico (I.A.) En El Control De Phytophthora spp. En Plantación De Macadamia (Macadamia integrifolia), En finca plantaciones altamira, san francisco Zapotitlán, suchitepéquez*. Quetzaltenango: Universidad De San Carlos De Guatemala, Facultad De Agronomía.
- Fitopatología Agrios. (25 de octubre de 2017). *Fitopatología*. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de <https://infoagronomo.net/fitopatologia-gn-agrios-pdf/>
- Foragro. (s.f.). Protección de cultivos. Recuperado el 24 de noviembre de 2022, de <https://foragro.com/portafolio/>
- Gestión Edifarm. (24 de octubre de 2019). Python. Recuperado el 24 de noviembre de 2022, de https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/PHTON-20191024-124655.pdf
- Gómez, R. (octubre de 2017). *Informe de servicios Realizados en el cultivo de la Macadamia (Macadamia Integrifolia) Finca La Suiza El Palmar, Quetzaltenango*. Recuperado el 28 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11100/1/INFORME-PPS.pdf>

- Infoagronomo. (31 de octubre de 2018). *Manual del cultivo de Macadamia*. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de <https://infoagronomo.net/manual-de-cultivo-de-macadamia-pdf/>
- Koike, S. (2008). Ficha Técnica Marchitez por *Verticillium*. Recuperado el 21 de octubre de 2021, de <https://www.cesavejal.org.mx/divulgacion/cursos/exportacion/Ficha%20Verticillium%20dahliae%20berries.pdf>
- Landero, N., Lara, F., Aguilar, L., & Rodríguez, J. (agosto de 2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501189
- Lira, C. (s.f.). *Colletotrichum*: características, taxonomía, morfología. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de Liferder: <https://www.liferder.com/colletotrichum/>
- López, E., & Gonzales, B. (2016). *Diseño y análisis de experimentos*. Guatemala: Facultad de Agronomía (FAUSAC).
- Mag. (s.f.). *Macadamia*. Recuperado el 08 de marzo de 2021, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658macadamia.pdf>
- Perkinsltda. (s.f.). METARHIZIUM. Recuperado el 21 de octubre de 2021, de <http://perkinsltda.com.co/services/metarhizium-anisopliae/>
- Ruiz, R. (Diciembre de 2004). *"Contenido nutrimental en suelo y follaje, en un agroecosistema de macadamia sp. tlalnelhuayocan, Veracruz"*. Xalapa: Facultad de ciencias agrícolas. Recuperado el 08 de Septiembre de 2021, de <file:///C:/Users/user/Dropbox/PC/Downloads/RuizBelloRomeo,%20tesis%20de%20nutricion%20de%20suelos,%20en%20arboles%20de%20macadamia.pdf>

- Simmons, Ch.S., Tàrano T., JM. & Pinto Z., JH. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado- Sulsona. Guatemala, GT.: Edit Jose de Pineda Ibarra.
- Sol, G. (2011). *manual de macadamia*. Recuperado el 08 de marzo de 2021, de <http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>
- Syngenta. (s.f.). *Fusarium oxysporum*. Recuperado el 21 de Octubre de 2021, de <https://www.syngenta.nl/es/seedcare/vegetables/diseases/fusarium/fusarium-oxysporum>
- Tapia, C., & Amaro, J. (s.f.). Genero Fusarium. Recuperado el 21 de octubre de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n1/art12.pdf>
- Velasquez, A., & Grabowski, C. (diciembre de 2016). *Control biológico de Rosellinia sp. causante de la muerte súbita en macadamia (Macadamia integrifolia) con aislados de Trichoderma spp.* Recuperado el 27 de marzo de 2021, de <https://www.researchgate.net/>:
https://www.researchgate.net/publication/312357397_Control_biologico_de_Rosellinia_sp_causante_de_la_muerte_subita_en_macadamia_Macadamia_integrifolia_con_aislados_de_Trichoderma_spp
- Velasquez, L. (24 de noviembre de 2014). *Guatemala Potencia Mundial en Producción de Nuez de Macadamia*. Recuperado el 04 de abril de 2021, de Inversión y Desarrollo: <https://www.inversionydesarrollo.net/component/k2/item/874-343-guatemala-potencia-mundial-en-produccion-de-nuez-de-macadamia.html>
- Villegas, C. (2005). *Reconocimiento fitosanitario en cinco variedades cultivadas de macadamia (Macadamia integrifolia Maiden et Betche) en la zona cafetera colombiana*. Recuperado el 24 de marzo de 2021, de Sidalc: <http://www.sidalc.net/repdoc/A2139E/A2139E.PDF>

Walforth, S. (2005). *El cultivo de la macadamia*. Recuperado el 04 de abril de 2021, de Del Alba S.A.: www.delalba.com.co/assets/applets/EI_Cultivo_de_la_Macadamia

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



X. ANEXOS

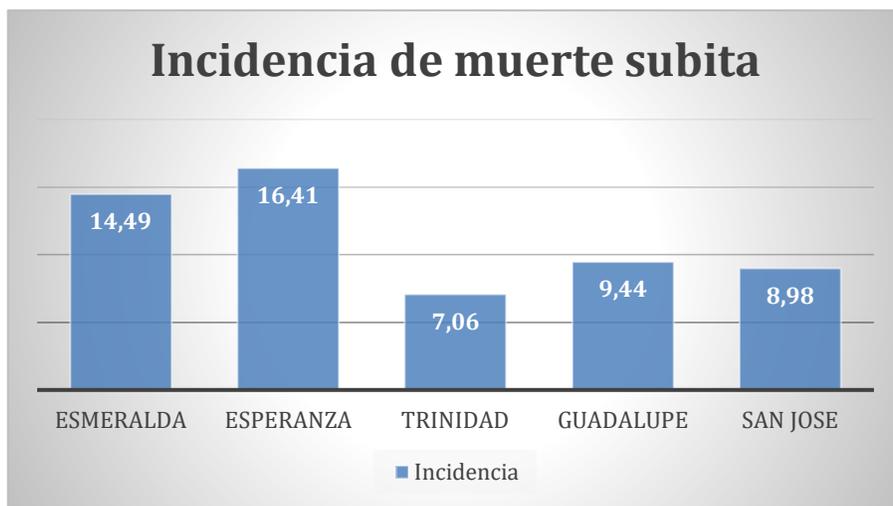


Figura 15. Incidencia de muerte súbita, por medio de un muestreo general de cada parcela en finca María del Pilar.



Figura 16. Árbol enfermo por muerte súbita, en parcela Esperanza, en finca María del Pilar.

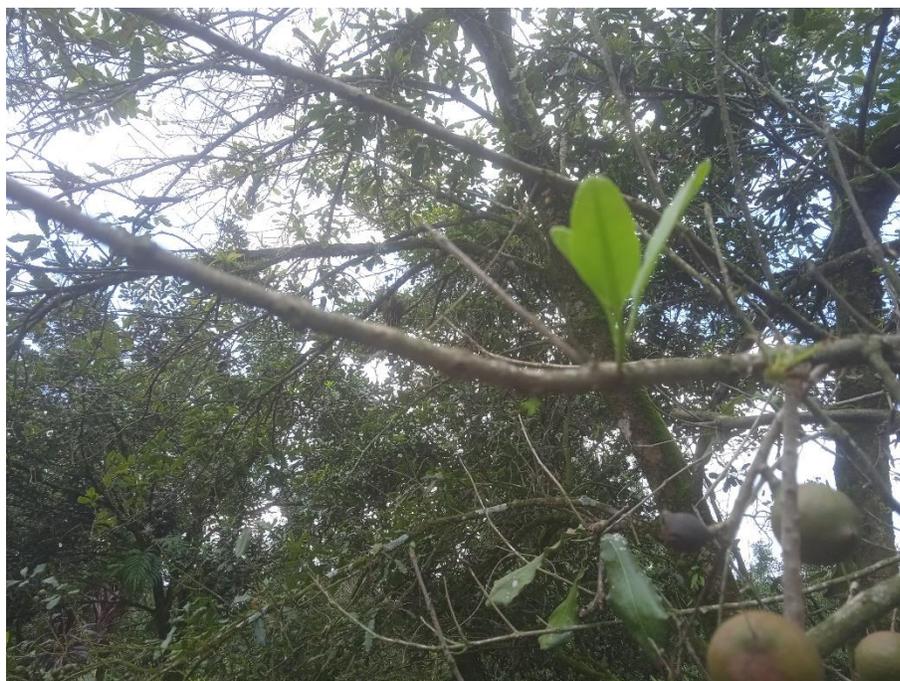


Figura 17. Toma de lecturas de emisión de brotes nuevos, en árboles de macadamia, en finca María del Pilar.



Figura 18. Aplicación de los tratamientos, en la parcela Esperanza, en Finca María del Pilar.

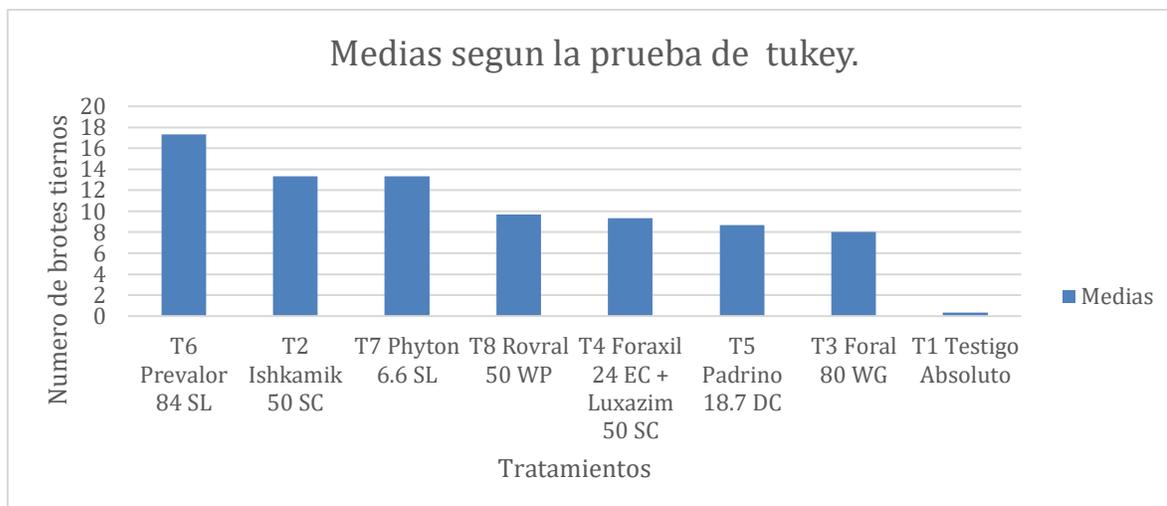


Figura 19. Prueba de medias de Tukey, de emisión de brotes nuevos en árboles de Macadamia.

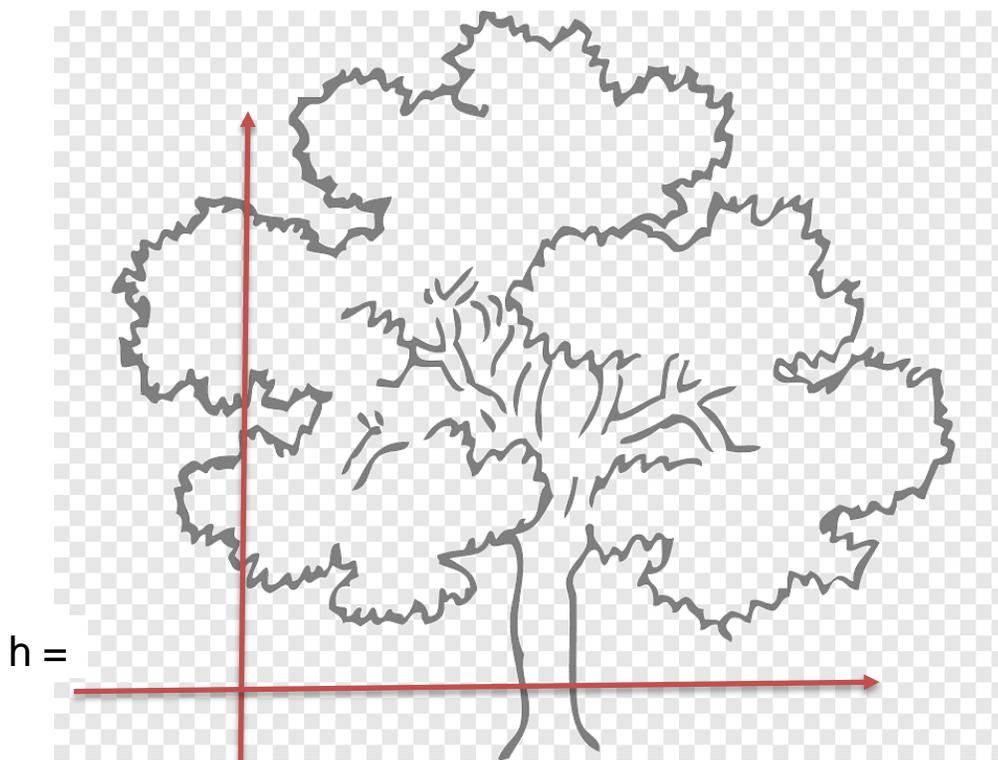


Figura 20. Muestreo en árboles de macadamia. Zona foliar a tercer medio de la copa del árbol.

Cuadro 25. Costos fijos de la evaluación experimental.

COSTOS FIJOS					
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	DEPRECIACIÓN (%)	TOTAL
Parihuela	Kit	1	8,037.11	20%	1607.42
Tonel plástico (200 l)	Unidad	2	60.00	25%	30.00
Probeta	Unidad	1	120.00	25%	30.00
Nylon de colores	Pliego	7	2.00		14.00
Gasolina	Galón	1	30.00		30.00
Mano de obra	Jornal	5	40.00		200.00
TOTAL COSTOS FIJOS					Q1,911.42

Cuadro 26. Costos variables de los tratamientos evaluados.

COSTOS VARIABLES					
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		TOTAL
COSTO DE LOS FUNGICIDAS					
T1: Testigo absoluto					Q0.00
T2: Fungicida Ishkamik 50 SC	Litro	3	Q90.00		Q270.00
T3: Fungicida Foral 80 WG	Kilogramo	3	Q150.00		Q450.00
T4: Fungicida Luxazim 50 SC	Litro	1.8	Q72.00	Q129.60	Q354.60
T4: Fungicida Foraxil 24 EC	Litro	1.8	Q125.00	Q225.00	
T5: Fungicida Padrino 18.7 DC	Litro	2.4	Q295.00		Q708.00
T6: Fungicida Prevalor 84 SL	Litro	3	Q383.00		Q1,149.00
T7: Fungicida Python 6.6 SL	Litro	3	Q412.50		Q1,237.50
T8: Fungicida Rovral 50 WP	Kilogramo	1.8	Q680.00		Q1,224.00



Mazatenango, 09 de septiembre de 2022.

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
COORDINADOR
Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
Centro Universitario del Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Tobar:

Por este medio me dirijo a usted, deseando éxitos en la coordinación de la Carrera.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: "EVALUACION DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA OCASIONADA POR *Fusarium* sp. Y *Verticillium* sp. EN CULTIVO DE *Macadamia integrifolia*, FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO."; presentado por el estudiante T.P.A Ricardo Antonio Sánchez Noj, quien se identifica con número de carné 201641578 de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona
Profesor Asesor y Supervisor
Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala



CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL

Oficio CAT-TG-14-2022
Mazatenango, 28 de noviembre de 2022.

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

Señor Director en funciones:

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. Ricardo Antonio Sánchez Noj**, quien se identifica con número de **Carné: 201641578**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **EVALUACION DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA OCASIONADA POR *Fusarium sp.* y *Verticillium sp.* EN CULTIVO DE *Macadamia integrifolia*, FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO.** el cual fue asesorado por el Ing Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona, profesor que hizo constar tal hecho, con nota que antecede.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Sánchez Noj ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su juicio el documento que se acompaña, para que continúe con el trámite correspondiente de graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera





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

CUNSUROC/USAC-I-16-2023

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, trece de marzo de dos mil veintitrés-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **EVALUACIÓN DE OCHO FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE MUERTE SUBITA OCASIONADA POR Fusarium sp. Y Verticilium sp. EN CULTIVO DE Macadamia integrifolia, FINCA MARÍA DEL PILAR, COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO**”, del estudiante: **TPA. Ricardo Antonio Sánchez Noj**, carné **201641578 CUI: 2567 68064 1001** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris

