

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERISTARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
CARRERA DE AGRONOMIA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**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.**

Navi Violeta Cuá

QUETZALTENANGO SEPTIEMBRE DE 2,015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA



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.

TRABAJO DE GRADUACIÓN.

Presentada a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro
Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

Navi Violeta Cuá

Como requisito previo a optar el título de

INGENIERA AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de

LICENCIADA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Quetzaltenango, Septiembre 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos G Alvarado Cerezo.
Secretario General: Dr. Carlos Enrique Camey R.

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC: MSC. María del Rosario Paz Cabrera.
Secretario Administrativo; MSc. Silvia del Carmen Recinos.

REPRESENTANTE DE LOS DOCENTES

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Ing. Edelman Monzón.

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis Ángel Estrada García.
Br. Edson Vitelio Amézquita Cutz

REPRESENTANTES DE LOS EGRESADOS

Dr. Emilio Búcaro Echeverría.

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q. F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA.

Ing. Agr. MSC. Imer Vinicio Vásquez Velásquez.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Lic. Q.F. Roberto Aroldo Méndez Sánchez

EXAMINADORES.

Ing. Agr. William A. Villatoro Palacios.

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

Ing. Agr. Carlos Enrique Gutiérrez

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q. F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA.

Ing. Agr. MSC. Imer Vinicio Vásquez Velásquez.

NOTA:

“Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y artículo 13 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala)

Quetzaltenango Septiembre, 2015

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO.

HONORABLE AUTORIDADES DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACION Y JURAMENTACIÓN

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

**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.**

Presentándolo como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniera Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado Académico de Licenciada en Ciencias Agrícolas.

Atentamente:

Navi Violeta Cuá

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Quetzaltenango, 20 de Agosto de 2015.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

Estimado Licenciado Méndez.

Atentamente me dirijo a usted, para informarle que a la fecha he finalizado la **REVISIÓN** del trabajo de graduación de la estudiante **NAVI VIOLETA CUÁ**, cuyo título:

“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”.

Al respecto, me permito manifestarle que dicha investigación es un valioso aporte para el sector agrícola de nuestro país y cumple con los requerimientos de investigación establecidos por nuestra Tricentennial Casa de Estudios Superiores, la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Carrera de Agronomía, por lo que **RECOMIENDO SU PUBLICACIÓN.**

Sin otro particular.


William A. Villatoro,
INGENIERO AGRONOMO,
Colegiado No. 1510
Ing. Agr. William A. Villatoro Palacios
REVISOR DE TESIS
Colegiado Activo 1510

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología

Quetzaltenango, 22 de Julio de 2015.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

Estimado Licenciado Méndez.

Por este medio manifiesto a usted que he finalizado la asesoría de tesis de la estudiante NAVI VIOLETA CUA, la cual se titula:

“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 ZAPOTITLAN, SUCHITEPEQUEZ”, realizada por el estudiante.

Me permito informarle que he concluido la asesoría del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Universidad, por la División de Ciencia y Tecnología y por la carrera de Ingeniero Agrónomo en sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.



Dr. Willian Erik de León Cifuentes.
Colegiado 1729
ASESOR

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** _____
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 012-AGR-2015 de fecha uno de septiembre del año dos mil quince del (la) estudiante: NAVI VIOLETA CUÁ con Carné No 200731415 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA , por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “ EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE FOSFÍTO POTÁSICO (I.A.) EN EL CONTROL DE Phytophthora spp. EN PLANTACIONES DE MACADAMIA (Macadamia integrifolia), EN FINCA PLANTACIONES ALTAMIRA, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ. ”

Quetzaltenango, 01 de septiembre de 2015.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

TÍTULO.

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.

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por la vida y la salud, mi roca fuerte y refugio, y por sobre todo por ser mi mayor fuente de sabiduría, inspiración y luz en mi camino,

Mi padre:

Pedro Mendoza Tacaxoy por su amor y apoyo incondicional, mi ejemplo de vida e inspiración. Gracias papá.

Mis madres:

Juana Cuá Ratzán y Concepción Ratzán Reanda, por sus consejos, amor, ayuda y comprensión en todo momento. Gracias.

Hermanos:

Guillermo Gaspar, Silvia Yolanda, Pedro y Lidia Viviana, por su cariño y apoyo.

Sobrinos:

Guillermo Alejandro, Stefanie, Molly Ester y Pedro Miguel, por ser fuentes de alegría día a día.

A Familias.

Ixcot Pac, López Machado, Méndez Navichoc y Hurtado Navichoc, por su apoyo incondicional y cariño demostrado en todo momento.

A mis amigos.

Surama, Rosa, Vianney, Pablo, Mauricio, Beatriz, Silvia, Karina, Sonia, Natanael, Elsa, Abner, Angelita, por cada momento vivido y su apoyo incondicional en los momentos felices y tristes, gracias por su cariño y apoyo. Y a todos los que han ocupado un lugar especial en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios:

Por todas sus bendiciones día a día, por su amor y bondad mostrada y por cuidar de mi vida.

Mis Padres:

Pedro Mendoza Tacaxoy, Juana Cuá Ratzán y Concepción Ratzán Reanda por todo el amor brindado, por su apoyo en todo momento.

Centro Universitario de Occidente

Casa de estudios, Tricentenario Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de agronomía

Por formarme profesionalmente.

Mi asesor

Dr. Willian De León, por el apoyo brindado.

Mi revisor

Ing. Agr. William Villatoro Palacios por sus valiosos consejos y apoyo brindado.

Ingenieros.

Ing. Agr. Juan Bolaños, Ing. Agr. Carlos Gutiérrez, Dr. Fernando Aldana e Ing. Agr. Osman Cifuentes, por su apoyo, colaboración y aporte al presente trabajo,

A Empresa TRANCAFÉ. S.A.

Por el apoyo y recursos brindados durante la elaboración del presente trabajo.

INDICE.

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION.	3
1.1. OBJETIVO.	6
1.1.1. General.	6
1.1.2. Específicos.	6
1.2. HIPÓTESIS.	7
1.2.1. Hipótesis Nula (Ho):	7
1.2.2. Hipótesis Alternativa (Ha):	7
2. MARCO TEÓRICO.	8
2.1. Cultivo de Macadamia (Macadamia Integrifolia).	8
2.1.1. Origen.	8
2.1.2. Clasificación taxonómica de la macadamia.	8
2.1.3. Descripción Botánica.	8
2.1.4. Características que se buscan en cultivares comerciales.	9
2.1.5. Manejo agronómico.	9
2.1.6. Composición nutricional.	12
Fuente: Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ)	12
2.1.7. Cultivares de macadamia.	13
2.2. Enfermedades de la macadamia.	13
2.3. Phytophthora spp.	13
2.3.1. Síntomas.	14
2.3.2. Ciclo de la enfermedad	15
2.3.3. Mecanismos de defensa.	15
2.4. Fosfito.	16
2.4.1. Antecedentes.	16
2.4.2. Diferencias entre fosfatos y fosfitos.	16
2.4.3. Fosfatos.	17
2.4.4. Fosfitos.	17
2.4.5. Características de los fosfitos.	18

2.4.6. Funcionamiento de los fosfitos.	18
2.4.7. Los fosfitos como antifúngicos.	19
2.4.8. Evaluación de fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de Phytophthora cinnamomi en Paltos (Persea americana Mill) CV. Hass Plantados en contenedor.	19
2.4.9. Aplicación.	20
2.5. Cymoxanil + Mancozeb (Moxan MZ 72 WP).	20
2.5.1. Ingredientes activos:	20
2.5.2. Generalidades:	20
2.5.3. Frecuencia y época de aplicación.	21
2.5.4. Compatibilidad:	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	22
3.1. RECURSOS.	22
3.1.1. Recursos humanos.	22
3.1.2. Recursos físicos.	22
3.1.3. Recursos económicos.	23
3.2. MARCO REFERENCIAL.	24
3.2.1. Ubicación geográfica.	24
3.2.2. Límites, extensión y vías de acceso.	24
3.2.3. Clima.	24
3.2.4. Zonas de vida.	24
3.2.5. Suelo.	25
3.2.6. Hidrografía.	25
3.2.7. Orografía.	25
3.3. METODOLOGIA.	26
3.3.1. Descripción del trabajo de investigación.	26
3.3.2. Grado de severidad.	27
3.3.3. Manejo del experimento.	29
3.3.4. Descripción del experimento.	29
3.3.5. Modelo estadístico.	29

3.3.6. Descripción de los tratamientos.	30
3.3.7. Modo de aplicación.	31
3.3.8. Frecuencias de aplicación.	31
3.3.9. Unidad experimental.	31
3.3.10. Croquis general del ensayo.	32
3.3.11. Fase de laboratorio.	32
3.3.12. Porcentaje de incidencia de <i>Phytophthora</i> spp.	33
3.3.13. Tasa de severidad.	34
3.3.14. Número y peso de raicillas presentes.	34
3.3.15. Análisis estadístico.	34
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	35
4.1. Comportamiento de lluvias durante evaluación.	35
4.2. Dinámica de incidencia de <i>Phytophthora</i> spp.	36
4.3. Porcentaje de incidencia según grado de severidad 2 o más.	37
4.4. Porcentaje de severidad.	42
4.5. Número y peso de raicillas presentes.	46
4.6. Diagnóstico.	47
4.7. Análisis económico.	48
5. CONCLUSIONES.	50
6. RECOMENDACIONES.	51
7. BIBLIOGRAFÍA.	52
8. ANEXOS.	55
9. CRONOGRAMA DE ACRIVIDADES 2013-2014	58

Índice de cuadros

Cuadro

		Página
Cuadro 1.	Composición Nutricional de la Nuez de Macadamia.....	12
Cuadro 2.	Cultivares de Macadamia.....	13
Cuadro 3.	Ingrediente activo Moxan MZ 72 WP.....	19
Cuadro 4.	Recursos económicos necesarios para la investigación.....	23
Cuadro 5.	Escala de severidad	28
Cuadro 6.	Dosis de aplicación en la evaluación de dosis de Fosfito Potásico.....	30
Cuadro 7.	Porcentaje de incidencia última lectura según grado de severidad 2.....	38
Cuadro 8.	Datos transformados al arcoseno \sqrt{P} , última lectura de porcentaje de incidencia según gado de severidad 2.....	39
Cuadro 9.	Análisis de Varianza de porcentaje de incidencia.....	40
Cuadro 10.	Porcentaje de Severidad última lectura.....	42
Cuadro 11.	Datos transformados al arcoseno \sqrt{P} , última lectura de porcentaje de severidad	43
Cuadro 12.	Análisis de Varianza de porcentaje de severidad.....	44
Cuadro 13.	Prueba de Medias de Tukey.....	45
Cuadro 14.	Diagnostico UVG.....	47
Cuadro 15.	Determinación total de costos variables (CV).....	48

Índice de figuras

Figura.

		Página
Figura 1.	Conformación de tratamientos de la parcela chica.....	31
Figura 2.	Croquis de campo de ensayo.....	32
Figura 3.	Comportamiento Precipitación Pluvial.....	35
Figura 4.	Dinámica de incidencia de Phytophthora spp.....	36
Figura 5.	Porcentaje de Incidencia de Phytophthora spp.....	41
Figura 6.	Porcentaje de Severidad de Phytophthora spp.....	45
Figura 7.	Mapa aéreo de la Finca Altamira.....	55
Figura 8.	Árbol atacado por Phytophthora spp.....	56
Figura 9.	Área de fuste atacado por Phytophthora spp.....	56
Figura 10.	Aplicación de Fosfito Potásico.....	57
Figura 11.	Árbol con ahoyado sin crecimiento de raicillas.....	57

ACRÓNIMO

Símbolo.	Descripción.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.
CUNOC	Centro Universitario de Occidente.
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
UVG	Universidad del Valle de Guatemala.
IAN	Instituto Agropecuario Nacional.
ANACAFE	Asociación Nacional del Café.
Spp	Especie.
i.a	Ingrediente Activo.
%	Porcentaje.
g – gr	Gramos.
Lts	Litros.
°C	Grados Celsius.
ISO	Organización Internacional de Estandarización.
h	Hospedero.
p	Patógeno.
a	Ambiente.
N	Nitrógeno.
P	Fósforo.
K	Potasio.
PAL	Fenilalanina Amonio Liasa.
Ho	Hipótesis Nula.
Ha	Hipótesis Alternativa.
Mts	Metros.
Cm	Centímetros.
pH	Potencial de Hidrógeno.
Mg.	Miligramos.
ADN	Ácido Desoxirribonucléico.
ARN	Ácido Ribonucléico.

ATP	Trifosfato de Adenosina o Adenosín Trifosfato.
PO³	Ion Fosfito.
PO⁴	Ion Fosfato.
H₃PO₄	Ácido Fosfórico.
H₃PO₃	Ácido Fosforoso.
KOH	Hidróxido Potásico.
Kg	Kilogramo.
WP	Polvos Humectables.
SC	Suspensiones Concentradas.
WG	Gránulos Dispersables en Agua.
Q	Quetzales.
Ha	Hectárea.
S.A.	Sociedad Anónima.
MSNM	Metros Sobre el Nivel del Mar.
mm	Milímetros.
bh-MB	Bosque Húmedo Montano Bajo.
MI	Mililitro.
Mts²	Meros cuadrados.
DBCA	Diseño Bloque Completos al Azar.
Y_{ij}	Variable de medida en la ij-ésima unidad experimental.
μ	Efecto de la media general.
T_i	Efecto del i-ésimo tratamiento.
B_j	Efecto del j-ésimo bloque.
E_{ij}	Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.
PDA	Agar Papa Dextrosa.
I	Incidencia.
FV	Fuente de Variación.
SC	Suma de Cuadrados.
GL	Grados de Libertad.
CM	Cuadrados Medios.

F-cal	F calculada.
F-Tab	F tabulada.
NS	No Significativo.
*	Significante.
CV	Coeficiente de Variación.
DMS	Diferencia Mínima Significativa.
CV	Costos Variables.

RESUMEN

El cultivo de la Macadamia (*Macadamia integrifolia*) es de gran importancia económica en Guatemala. En los últimos años en la Finca Plantaciones Altamira ha presentado problemas fitosanitarios principalmente causadas por hongos, provocando muertes en la plantación y principalmente disminución en la producción de la nuez.

El interés en la evaluación de tres dosis de Fosfito Potásico para el control de *Phytophthora* spp, ha sido por la mortandad elevada que ha provocado en la finca, principalmente por el daño económico que está causando al disminuir la producción de nueces, provocando una pérdida de más del 70% de la plantación.

La investigación se realizó con el propósito de contribuir con la parte fitosanitaria de la finca, a través de la evaluación de dosis de Fosfito Potásico que presenten mejor resultado en cuanto al control o disminución de la mortandad de la plantación; esta evaluación fue medida a través de tres variables: Porcentaje de incidencia, porcentaje de severidad y la estimulación de crecimientos de raicillas. El producto evaluado fue Fosfito Potásico (i.a.) respecto de un testigo regional que consistió en la mezcla de Fosfito Potásico (i.a.) con Cymoxanil más Mancozeb fungicida sistémico.

De las dosis de Fosfito Potásico evaluados ninguna presenta un resultado significativamente superior respecto a incidencia y severidad, sin embargo el tratamiento regional fue estadísticamente superior. El tratamiento regional consistió en la mezcla de Fosfito Potásico (Atlante) y Cymoxanil más Mancozeb (Moxan MZ 72 WP) con dosis de 5 ml y 2.5 grs por lito de agua respectivamente.

Se recomienda la aplicación de Fosfito Potásico más Cymoxanil más Mancozeb como parte del programa de aplicaciones de la finca y la inclusión de fosfito potásico en combinación cuando se usen o evalúen otros fungicidas, ya que durante el proceso de

investigación se obtuvo un resultado positivo en cuanto a la reducción de la incidencia y severidad de *Phytophthora* spp en los árboles de Macadamia.

1. INTRODUCCION.

La Macadamia (*Macadamia integrifolia*) es originaria de la zona subtropical de Australia, donde el clima es cálido y lluvioso, contando con temperaturas de 14 °C – 32 °C. Es un cultivo de importancia económica, ya que es exportada a países como Japón, EE.UU y países Europeos, en donde se es extraído del fruto, aceites para usos de cosmetología y así mismo para consumo. (2)

Guatemala es uno de los principales productores de nuez de macadamia a nivel mundial ya que las nueces producidas en el país son de muy buena calidad, lo que da como resultado certificaciones internacionales como ISO 9001-2000 que es un sistema de estándares de calidad reconocido a nivel mundial. En cuanto a la actividad de exportación, en el país el primer semestre del año 2007 los ingresos han sido por US \$4,120.60 millones de dólares en relación con el mismo período del año anterior en el cual se generaron US \$3,374.80 millones de dólares. (16).

En Guatemala se encuentran diferentes enfermedades provocadas por hongos que atacan al cultivo de macadamia. Actualmente en la Finca Plantaciones Altamira, del municipio de San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez, los árboles de macadamia han sido afectados por enfermedades fúngicas como *Phytophthora* spp y *Rosellinea* spp., provocando la muerte de los árboles. *Phytophthora* spp es una de las enfermedades principales presentes en la finca obteniendo muerte acelerada de los árboles y grandes pérdidas económicas.

Phytophthora spp al atacar la planta provoca síntomas como amarillamiento en la hoja, marchitamiento y ahorcamiento en el fuste del árbol, y provoca que la acción del xilema disminuya. El desarrollo de la enfermedad de los árboles de macadamia al igual que en otros cultivos es el resultado de la interacción hospedante (h), patógeno (p) y ambiente (a), y en relación al último factor el estado nutricional de la planta es relevante.

Si existe una mala nutrición del cultivo, las plantas se encuentran indefensas o débiles. Porque muchos de los nutrientes (N – P – K y de algunos elementos menores) tienen propiedades que hacen que la planta desarrolle mecanismos de defensa contra patógenos fúngicos, o tengan tolerancia a enfermedades.

Los daños causados por *Phytophthora spp.* en macadamia en la Finca Plantaciones Altamira, han afectado un 70% de los árboles, lo que ha generado bajas en producción de nuez; el promedio anual de producción por árbol ha sido de 80 libras concha, actualmente solo se producen 20 libras concha, teniendo una pérdida del 75% de la producción estimada anualmente en cáscara, motivo por el cual con asesoría técnica de especialista en fitopatología en macadamia, se evaluaron tres dosis de Fosfito Potásico para el control de *Phytophthora*, pues resulta ser más factible la recuperación del árbol enfermo que la práctica de resiembra, la cual implica la espera de un promedio de cinco años para la producción óptima de un árbol de macadamia.

El Fosfito Potásico es un compuesto relativamente sencillo, es un fertilizante, con características de fungicida; productos como estos han ayudado al control de la incidencia de ataque de *Phytophthora spp.* Actúa como un estimulante en la vía metabólica secundaria (del ácido Shikímico) estimulando la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL), jugando un rol importante en la planta, dándole una característica de resistencia a enfermedades.

La realización de tratamientos con Fosfito Potásico, ha reducido la incidencia de muerte descendente provocado por *Phytophthora spp.* en árboles de macadamia, en cuanto que el Fosfito Potásico no solo funciona como un fertilizante, que ayuda a los árboles a la estimulación de las defensas del árbol obteniendo tolerancia a enfermedades, así mismo saber que este producto cumple una función de fungicida.

Las aplicaciones de Fosfito Potásico han ayudado a la sobrevivencia limitando el avance de grado de severidad de la enfermedad aunque esto no ocurre en todos los árboles; pues en algunos la enfermedad se hizo más severa provocando la muerte, sin embargo en

la mayoría el ciclo de enfermedad se ha interrumpido y se ha detenido el grado de avance de la enfermedad permitiendo la posibilidad de la recuperación de los árboles y así mismo la recuperación de la producción de nuez.

Al inicio de la investigación se contó con un grado de severidad 1 y al final de la investigación en la mayoría de los árboles el avance de la enfermedad se detuvo en los grados de severidad 2 y 3.

1.1. OBJETIVO.

1.1.1. General.

Generar tecnología para potencializar el sector productivo de la Nuez de Macadamia.

1.1.2. Específicos.

Determinar el efecto sobre la incidencia del hongo *Phytophthora spp* en árboles de macadamia, ante la aplicación de fosfito potásico.

Identificar la dosis de fosfito potásico que reduzca la severidad del ataque del hongo *Phytophthora spp* en árboles de macadamia.

Determinar tasa de estimulación de crecimiento de raicillas en árboles de macadamia, afectadas por *Phytophthora spp*.

1.2. HIPÓTESIS.

1.2.1. Hipótesis Nula (Ho):

1. Ninguna de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efecto sobre la incidencia de *Phytophthora spp* en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*)
2. Ninguna de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efectos sobre el grado de severidad provocado por *Phytophthora spp* en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*)
3. Ninguna de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efectos sobre la estimulación de crecimiento de raicillas en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*) afectados *Phytophthora spp*.

1.2.2. Hipótesis Alternativa (Ha):

1. Al menos una de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efecto sobre la incidencia de *Phytophthora spp* en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*).
2. Al menos una de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efectos sobre el grado de severidad provocado por *Phytophthora spp* en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*).
3. Al menos una de las tres dosis de fosfito potásico aplicadas, tendrá efectos sobre la estimulación de crecimiento de raicillas en árboles en producción de macadamia (*Macadamia Integrifolia*) afectados *Phytophthora spp*.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Cultivo de Macadamia (*Macadamia Integrifolia*).

2.1.1. Origen.

Según ANACAFE la macadamia se origina de las zonas subtropicales de Australia en la región costera, al sur de Queensland y al norte de Nueva Gales del Sur, donde el clima es cálido y lluvioso donde la temperatura oscila entre 14 a 32⁰C. No se conoce con precisión su introducción a Guatemala, pero en 1958 fueron introducidas semillas de variedades de Hawai, materiales que fueron manejados por el Instituto Agropecuario Nacional (IAN). (2)

2.1.2. Clasificación taxonómica de la macadamia.

Coexisten cerca de diez especies de macadamia, de las cuales, sólo dos muestran una categoría económica importante por los frutos comestibles: *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*. (17)

- **Reino:** Vegetal.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Clase:** Magnoliopsidae.
- **Orden:** Protales.
- **Familia:** Protaceae.
- **Subfamilia:** Grevilleoideae.
- **Género:** Macadamia.
- **Especie:** integrifolia. (17)

2.1.3. Descripción Botánica.

Árbol perennifolio, de la familia Proteaceae. Árbol de 7-12 mts de altura, alcanzando hasta los 20 mts 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 frágiles y se desligan cayendo fácilmente. (2)

Coexisten diez especies, donde *Macadamia integrifolia* es favorita por el porcentaje de almendras sanas y mayor uniformidad que presentan en el tamaño de fruto; las conchas son lisas y pequeñas, las hojas tienen bordes ondulados con tres hojas por nudo. Las flores son color blanco cremoso agrupado en racimos de 12 a 30 cm y *Macadamia tetraphylla*, la más adecuada para usarse como patrón por su excelente sistema radicular. Cuenta con una concha rugosa, grande; hojas con borde dentado muy espinoso, con cuatro hojas por nudo, las nervaduras son de color púrpura. Sus flores son de color rosado presentándose en racimos de 20 a 50 cm. (2)

2.1.4. Características que se buscan en cultivares comerciales.

- Producción precoz y estándar.
- Alta recuperación de semilla.
- Desprendimiento total de la nuez a su madurez.
- Estructura fuerte de las ramas.
- Resistencia a ataques de insectos y enfermedades.
- Semillas con alto contenido de aceite y larga durabilidad
- Las floraciones de mayor importancia económica ocurren en el mes de agosto, septiembre y octubre durante la época lluviosa. (2).

2.1.5. Manejo agronómico.

- **Fertilización.**

Uno de los síntomas principales que presenta la macadamia 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. (2)

El nitrógeno y productos basados en potasio, son elementos necesarios para la fertilización de la macadamia. 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. (2)

La utilización de calcio se realiza de acuerdo a las condiciones del pH del suelo. (2)

En la nutrición se hace importante la aplicación de Boro, elemento que es responsable de división celular, germinación de polen, transporte de carbohidratos a través de la pared celular, así como el desplazamiento de hormonas en la planta. Con la deficiencia de boro las flores y frutos son sensibles. Para el aumento de la producción, recuperación y aumento de calidad de la nuez la aplicación de boro foliar es una buena alternativa. (2)

En la fertilidad de la parte femenina de la floración, el zinc juega un papel muy importante la cual debe de aplicarse de manera foliar. (2)

- **Poda.**

Se hace necesario que el árbol de la macadamia sea podado para dar formación del sistema central apical, de esta forma se evitan las bifurcaciones que pueden provocar desgajes en el árbol de manera fácil. (2)

Cuando la densidad de siembra es adecuada entre plantas se logran obtener árboles grandes y bien formados, cuando el distanciamiento de siembra son recudidos es necesario realzar la práctica de la poda correctiva o corrección donde se pretende dar al árbol una estructura balanceada y fuerte durante la etapa de crecimiento, esto se realiza en los primeros dos años de trasplante. (2).

El objetivo principal de la poda es dar forma de cono con un eje principal, contando con verticilos de ramas a diferentes niveles. La formación es recomendable realizarla a plantaciones jóvenes ya que es muy difícil dar forma a plantaciones viejas. (2)

La poda de formación debe apuntar a formar un árbol con 4 a 5 verticilos de ramas distanciadas de 30 a 40 cm de intervalo, por lo tanto, si el árbol llega de vivero con un tallo sin ramificar de más de 60 cm de altura, debe rebajarse por sobre un nudo a ese tamaño. Por otro lado, la poda de mantenimiento puede realizarse eliminando ramas muy bajas o con ángulos desfavorables, asimismo puede recomendarse la poda en altura hasta los últimos 60 cm de la copa. La poda de producción está orientada a la obtención de ramas laterales espaciadas para acceder a ventilación e iluminación que permitan una buena floración y mayor fotosíntesis, además de favorecer las labores de cosecha. (2)

- **Control de malezas**

Se realiza el control de malezas para conservar el plato de cosecha limpio, así mismo para evitar la competencia entre las plantas jóvenes. Para el control de malezas se integran varios métodos. (2)

- **Método manual:** la maleza se elimina con machete, se realiza en épocas lluviosas para evitar la erosión hídrica, generalmente en plantaciones jóvenes. (2)
- **Método mecánico:** se realizan en plantaciones adultas, con chapiadoras, realizadas por personas especializadas, de manera que se pueda evitar daños en las raíces y al fuste del árbol. (2)
- **Método químico:** se utilizan herbicidas sistémicos y quemantes, en plantaciones en crecimiento. (2)

2.1.6. Composición nutricional.

La macadamia ostenta una particular fragancia suave, es considerada como una nuez noble. (2)

Cuadro 1. Composición nutricional de la nuez de macadamia.

Composición Nutricional de la Macadamia	
COMPONENTES	CONTENIDO DE 100 gr DE PARTE COMESTIBLE
Calorías	702
Agua	2.88 g
Carbohidratos	13.73 g
Ceniza	1.36 g
Fibra	5.28 g
Lípidos totales	73.72 g
Proteína (Nx5.30)	8.30 g
Riboflavina	0.11 g
Ácido Ascórbico	0 mg
Calcio	70 mg
Cobre	0.29 mg
Fósforo	136 mg
Hierro	2.41 mg
Magnesio	116 mg
Niacina	2.140 mg
Potasio	368 mg
Sodio	5 mg
Tiamina	0.35 mg
Zinc	G

Fuente: Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ)

2.1.7. Cultivares de macadamia.

Según De León Alexis (1996) citado por Lemus Otto (11) las variedades referidas para Guatemala son las siguientes.

Cuadro 2. Variedades de macadamia.

VARIEDAD.	NÚMERO.
Keauhow.	246
Makea.	508
Keaau.	660
Kau.	344
Ikaika.	333
Mauka.	741
Makai.	800
Purvis.	294
Bumont.	
Caro.	

Fuente: (11)

2.2. Enfermedades de la macadamia.

Se identifican para la macadamia enfermedades importantes entre las que destacan las siguientes: pudrición de la raíz (*Amillaria mellea*), pudrición negra de la raíz (*Ceratocystis fimbriata*), llaga estrellada (*Rosellinia pepo*), maya (*Rosellinia bunodes*), pudrición del tallo (*Botryodiplodia sp.*), chancros del tallo (*Phytophthora cinnamomi*), tizón de la hoja (*Cylindrocladium scoparium*), quema de la hoja (*Pestalotia spp.*), tizón de la flor (*Botrytis cinerea*), mancha de levadura (*Nematospora coryli*) y pudrición de la nuez (*Fusarium, Penicillium, Aspergillus, Curvularia, Colletotrichum, Rhizoctonia*). (17)

2.3. *Phytophthora spp.*

Phytophthora es el hongo que produce la principal enfermedad denominada Muerte Descendente, por la sintomatología que presenta la planta en la parte superior y Pudrición

Radicular por los daños que ocasiona al sistema radicular. Se encuentra ampliamente distribuida en zonas productoras del mundo, como Suráfrica, Israel, Nueva Zelandia, California, Australia, Centro América y el Caribe, siendo un factor limitante para la producción. (5)

Phytophthora es uno de los patógenos de suelo más problemáticos, no solo en macadamia, sino también en otras especies de árboles incluyendo especies de eucalipto, pino, melocotón, pera, aguacate, ornamentales leñosos y otras especies. Se le atribuye un rango de hospederos de más de 950 plantas. La agresividad de este hongo está ligada a condiciones de altas temperaturas con abundancia de agua y mal drenaje, condiciones que facilitan la reproducción y diseminación del hongo. (5)

2.3.1. Síntomas.

Puede atacar las plantas de macadamia en todas sus etapas de crecimiento. Los ataques son más severos en suelos arcillosos o en suelos arenosos con un subsuelo rocoso o con capa de arcilla que interfieran con el drenaje del agua. Condiciones de alta humedad y de sequía pueden acelerar los síntomas. El síntoma más obvio es la muerte de la planta desde la parte superior de la copa y de los extremos de las ramas hacia abajo. A esto se debe el nombre de Muerte Descendente. (14)

Las hojas se presentan pequeñas, descoloridas y generalmente con apariencia marchita. Fortuitamente el árbol disipa las hojas y muere. El hongo ocasiona la destrucción de las puntas de las raíces, las cuales desempeñan la importante función de absorción de agua y de nutrientes del suelo. Las raíces infectadas se necrosan y se desprenden fácilmente. (14)

Ocasionalmente el hongo coloniza raíces gruesas, necesitando una herida para causar infección. Raras veces causa chancros o cáncer en la base del tronco. Los síntomas en el follaje son originados por la reducción de la absorción de nutrientes y agua y su transporte ascendente. Además, el árbol pierde más agua por transpiración que la absorbida por un sistema radicular podrido por el hongo. (14)

La falta de agua también reduce la capacidad de las hojas para producir clorofila, que les da el color verde a las hojas y esto les causa clorosis o amarillamiento de las hojas (14)

2.3.2. Ciclo de la enfermedad.

Phytophthora spp produce clamidosporas en las raíces infectadas, las que pasan al suelo pudiendo sobrevivir por varios años. Las clamidosporas germinan, producen esporangios que liberan zoosporas y éstas alcanzan las raíces absorventes atraídas por los exudados radicales. Sobre estas raíces las zoosporas se enquistan, germinan y penetran la raíz, colonizando el tejido vegetal y causando necrosis o pudrición de la raíz. La producción de clamidosporas y esporangios ocurre en un rango de temperatura entre 12 °C y 30 °C, siendo las temperaturas óptimas entre 21 °C y 24 °C para ambas estructuras. (18)

2.3.3. Mecanismos de defensa.

Phytophthora es conocido como un hongo acuático puesto que se desarrolla en ambientes húmedos y necesita suelos húmedos para el mejor desarrollo de las esporas de propagación. Los esporangios que producen las clamidosporas, producen zoosporas móviles. Las zoosporas y clamidosporas son resistentes a condiciones desfavorables del suelo, obstaculizando el control de la enfermedad. El hongo demanda de agua para formar y liberar las esporas, de manera que germinen e infecten las raíces. Uno de los elementos indirectos de dispersión son los movimientos de tierra que se realizan para la formación de los viveros, principalmente los substratos, pues estos suelos no son analizados para el diagnóstico de la presencia de patógenos. (18)

Principalmente las raíces son infectadas en épocas cálidas del año, puesto que este hongo forma sus esporangios cuando existen temperaturas que oscilan entre 25 °C y 30.50 °C. Esta producción de zoosporas incrementa la capacidad patogénica del hongo en períodos de tiempos muy cortos. Este hongo requiere además un pH de 6.50 para un buen desarrollo, lo que para su control se reduce el pH de 3.00 a 3.50. (18)

Cuando el hongo existe en el suelo y la cantidad de agua que contienen estos es alta se hace más fácil y rápido la dispersión e infestación en la raíces, efecto que está relacionado con las zoosporas que están rodeadas de flagelos que le permiten movilizarse y llegar a zonas libres de la enfermedad. Una forma principal de diseminadores de las zoosporas de *Phytophthora* spp es el riego por inundación. (18)

2.4. Fosfito.

2.4.1. Antecedentes.

A finales de la década de los 70, apareció un nuevo fungicida llamado “Chipco Signature” cuyo ingrediente activo era el **Fosetyl-Al**, llegando a convertirse en un producto muy importante. (13)

El **Fosetyl-Al**, una vez absorbido por la planta se convierte en el **ion fosfito** (fosfonato) PO_3^- . Una importante evidencia quedaba demostrada, el **ion fosfito** era el principal responsable de la acción fúngica del Fosetyl-Al. (13)

Después de caducar la patente del Fosetyl-Al recientemente, multitud de empresas de fitoquímicos lanzaron al mercado diferentes formulaciones parecidas, pero cuyo principal ingrediente es el ion fosfito en forma de sales como: fosfito potásico, fosfito amónico, fosfito de sodio, fosfito de magnesio y fosfito de aluminio. (13)

2.4.2. Diferencias entre fosfatos y fosfitos.

El ácido fosfórico es la principal fuente como H_3PO_4 del **fósforo**. Se forma una sal o fosfato cuando el ácido fosfórico es neutralizado con una base como el potasio o amonio. El fosfito es un átomo de fósforo combinado con tres de oxígeno (ion PO_3^-) mientras que el fosfato posee el mismo átomo de fósforo, pero combinado con cuatro de oxígeno (ion PO_4^{3-}). (13)

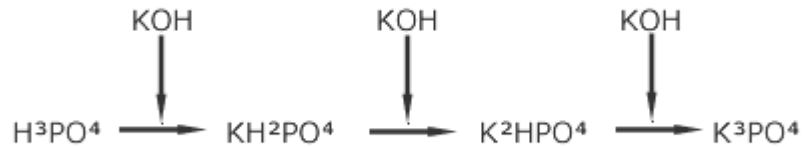
La diferencia biológica entre estos dos compuestos es destacable aunque químicamente sean muy similares. El fosfito es muy activo en la planta, especialmente debido a que es ligeramente inestable y tiende a reaccionar con todo. Es muy soluble en agua, de fácil absorción para la planta a través de las raíces, fustes y hojas. (13)

Los abonos fosfóricos usuales contienen fosfato. El fosfato se encuentra en la naturaleza tal cual, y su extracción y procesamiento se realiza desde hace casi un siglo. (13)



2.4.3. Fosfatos.

Cuando el **ácido fosfórico** (H₃PO₄) es neutralizado con una base, como por ejemplo hidróxido potásico (KOH), se forma una sal. La sal del ácido fosfórico es un fosfato. Por ejemplo. (13):



2.4.4. Fosfitos.

Cuando el **ácido fosforoso** (H₃PO₃) es neutralizado con una base, como por ejemplo hidróxido potásico (KOH), se forma una sal. La sal del ácido fosforoso es un fosfito. Por ejemplo: (13).



2.4.5. Características de los fosfitos.

El ion fosfito tiene una acción fungicida preventiva, estimula a las plantas para que produzcan sus propias defensas contra hongos endoparásitos, en especial Oomicetos y hongos como la *Phytophthora* spp. (13)

$\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$ con estado de oxidación completa del (P) de +5, actúan igualmente como abono fosfo-potásico (caso de Fosfito Potásico), o como abono de Fósforo con el o los microelementos que lo acompañen. No se deben mezclar con productos que lo oxidan y transformarlo en fosfatos, especialmente se debe evitar la mezcla con nitratos, ya que produciría la oxidación del ión fosfito a ión fosfato que, además de modificar las características químicas y propiedades descritas anteriormente, de igual forma produciría gases nitrosos altamente tóxicos. (13)

2.4.6. Funcionamiento de los fosfitos.

Compuesto relativamente sencillo de una gran importancia en sanidad vegetal: presenta un efecto fungicida frente a hongos del tipo Oomicetos y además es un excelente elemento nutritivo. Tiene un básico rol nutrimental pues la planta puede absorberlo tanto por raíces así como por vía foliar. (15)

Actúa como un elicitor (estimulante) en la vía metabólica secundaria (del ácido Shikímico) estimulando directamente la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) que comanda la síntesis de metabolitos como **ácidos carboxílicos** (ácido salicílico –ácido 2 hidroxibenzoico– a través de la ruta del ácido benzoico), **cumarinas** (metabolitos secundarios del tipo fenólico) y cinamaldehydos que son precursores, entre otros, de

metabolitos como la lignina, suberina, flavonoides (color) y de fitoalexinas, estas últimas son responsables del sistema inmune de la planta, punto clave en la prevención y/o resistencia relativa a ciertas enfermedades. (15)

El fosfito consigue una acción depresiva sobre hongos del grupo Oomycetes como hongos del género *Phytophthora*, *Pythium* (pudrición de raíces y/o cuello) y *Plasmopara* (mildiú) al privar la fosforilación oxidativa en dichos hongos como es en la germinación de la oospora, germinación y liberación de los esporangios y en la germinación de los cistes. (15)

2.4.7. Los fosfitos como antifúngicos.

Una sustancia es considerada fungicida cuando presenta toxicidad al patógeno objeto de control. Las propiedades antifúngicas de los fosfitos fueron descubiertas en Francia en la década de 1970 precisamente en estudios sobre el tizón de la papa. Los fosfitos son más efectivos contra los Oomycetes “in vivo” que “in vitro”, son utilizados como parte del manejo integrado de enfermedades en cultivos como papa, tomate, vid, hortícolas, etc. (6)

También es utilizado en cultivos como el trigo, girasol, maíz, arroz, maní, avena y ray grass. Ha sido evaluado en soja, dando los mejores resultados en términos de rendimiento.

2.4.8. Evaluación de fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de *Phytophthora cinnamomi* en Paltos (*Persea americana* Mill) CV. Hass Plantados en contenedor.

En un huerto experimental de paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass, ubicado en la Estación Experimental La Palma de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, sector La Palma, Región de Valparaíso, Chile, se realizó un estudio cuyo propósito fue determinar los efectos de los fosfitos sobre el desarrollo de *Phytophthora cinnamomi*, en paltos cultivados en contenedores. Desde agosto de 2005 a noviembre de 2006 se realizaron mediciones tendientes a dilucidar el rendimiento fotoquímico del fotosistema II,

número de hojas, densidad de raíces. Los resultados indican que los fosfitos estimularon la producción de hojas en alta tasa en las plantas y éstas con un alto rendimiento cuántico del fotosistema II, además de presentar mayor densidad de raíces que los testigos con inoculación de Phytophthora y sin control químico. (12)

2.4.9. Aplicación.

La aplicación de estos productos es de choque o preventiva de las enfermedades. Se recomienda usarlos de manera preventiva y de forma calendarizada para prevenir y evitar el desarrollo de la enfermedad. La aplicación se hace por vía foliar o al suelo. Con la excepción de ácido fosforoso que solo es recomendado al suelo por ser un ácido. (15)

2.5. Cymoxanil + Mancozeb (Moxan MZ 72 WP).

2.5.1. Ingredientes activos:

Cuadro 3. Ingrediente activo Moxan MZ 72 WP.

Nombre.	Formula.	Concentración.
Cymoxanil	1-(2-ciano-2-metoxi-iminoacetil)-3-etilurea	80 gr/Kg
Mancozeb	Producto de la coordinación del ion zinc con el etilenbisditiocarbamato de manganeso	640 gr/kg

Fuente: Agrícola Nacional S.A.C. (ANASAC)

2.5.2. Generalidades:

Mezcla de dos ingredientes activos diferentes: una parte protectante como es el “MANCOZEB” y otra sistémica curativa como es el “CYMOXANIL”. Esto le confiere un doble modo de acción: protectante o preventiva y sistémico curativo, siendo más eficiente en el manejo de las enfermedades. Posee acción preventiva y de post-infección, cuando el hongo está en incubación. Además conserva actividad sistémica local, mejorando su efecto, especialmente en periodos de alta presión de la enfermedad. (3)

2.5.3. Frecuencia y época de aplicación.

La dosis y frecuencia de aplicación dependen del clima, grado de infestación de la enfermedad y del estado de desarrollo del cultivo. Se aplica a campo abierto, evitando aplicar con lluvias y vientos fuertes. (3)

2.5.4. Compatibilidad:

Es compatible con insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares de uso común en los cultivos en que se recomienda su uso. (3)

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. RECURSOS.

3.1.1. Recursos humanos.

- Administrador de la Finca.
- Trabajadores.
- Investigador.

3.1.2. Recursos físicos.

- Árboles de macadamia variedad 344 de 34 años.
- Azadones.
- Machetes.
- Bombas de mochila de 16 Lts.
- Fosfito Potásico.
- Fungicida Moxan.
- Vehículo.
- Libreta de campo.
- Nylon para marcaje (rojo, azul, amarillo, verde y blanco).
- Nylon negro para ahoyado.
- Equipo de computación.
- Cámara fotográfica.

3.1.3. Recursos económicos.

Cuadro 4. Recursos económicos para la investigación aportados por la empresa TRANSCAFÉ S.A.

No.	Descripción.	Unidad de Medida/Presentación.	Costo Unitario Q	Unidades.	Total Q.
1	Fosfito Potásico (Atlante)	Litro.	110.05	32	3521.6
2	Cymoxanil + Mancozeb (Moxan)	500 gramos.	120	1	120
3	Penetrante (INEX-A).	Litro.	110	5	550
4	Nylon negro.	Yarda.	11	40	440
5	Nylon de colores.	Yarda.	2	15	30
6	Alimentación.	Unidades.	12	24	288
7	Materiales de Oficina.	Unidades.	350	1	350
8	Transporte.	Q	30	8	240
9	Internet.	Horas.	4	500	2000
10	Mano de obra.	Jornales.	35	4	140
11	Practicante.	Jornales.	35	8	280
TOTAL.					Q. 7959.60

Fuente: Investigación de campo.

3.2. MARCO REFERENCIAL.

3.2.1. Ubicación geográfica.

La evaluación se llevó a cabo en La finca Plantaciones Altamira, propiedad de TRANSCAFE S.A. se encuentra ubicada en el Municipio de San Francisco Zapotitlán, del Departamento de Suchitepéquez. Ubicada en las coordenadas geográficas Latitud-Norte 14° 39' 73.30" y Longitud-Este 91° 30' 41.30"

3.2.2. Límites, extensión y vías de acceso.

La finca es de 467.59 Ha. Colinda al norte con los Terrenos del Pueblo de Zunil, al sur: Finca Agropecuaria Las Elviras y Finca San Pablo, al este: Terrenos Comunales (parcelarios) de Pueblo Nuevo, Suchitepéquez, al oeste: Finca Las Nubes.

La vía principal de acceso es por la carretera RD-26 de la cabecera departamental Mazatenango, hacia el municipio de San Francisco Zapotitlán, otra vía de acceso es pasando por la Finca Agrícola Paris y Joven Francia y Finca Agropecuaria Las Elviras, accedando la carretera RP-7 Pueblo Nuevo Suchitepéquez. Las vías de acceso de la Finca cuentan con la ventaja de tener caminos empedrados, los cuales son transitables al 100% todo el año.

3.2.3. Clima.

El clima de la finca Plantaciones Altamira es un clima Templado, encontrándose a una altitud de 1257 msnm. Cuenta con una temperatura máxima de 22 °C Y una mínima de 12 °C. Teniendo una precipitación anual promediada de 5231 mm.

3.2.4. Zonas de vida.

La zona de vida dentro de la que se encuentra la finca Plantaciones Altamira es: Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) (10)

3.2.5. Suelo.

Los suelos de la finca se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados con un promedio de 8.14% de materia orgánica, suelos francos, con alto contenido de Nitrógeno.

3.2.6. Hidrografía.

La Finca se caracteriza por contar con un río conocido como Río Negro y varios nacimientos, del cual uno de estos abastece la necesidad hídrica del consumo humano.

3.2.7. Orografía.

Cuenta con una topografía quebrada que oscila entre un 40-45%, de pendiente.

3.3. METODOLOGIA.

3.3.1. Descripción del trabajo de investigación.

El trabajo realizado, consistió en la evaluación de 5 tratamientos con tres dosis de fosfito potásico, un tratamiento absoluto y tratamiento regional utilizado en las demás fincas de TRANSCAFE S.A. con la finalidad de determinar la efectividad del ingrediente activo para el control de *Phytophthora* spp en macadamia. Para el efecto se evaluaron las siguientes dosis; 10, 50,100 ml por litro de agua y la dosis del tratamiento tradicional es de 5 ml/litro.

La evaluación consistió en determinar la dosis que mejor efecto presentaría sobre la incidencia y severidad de *Phytophthora* spp en macadamia.

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, el tamaño de las parcelas fue de 588 Mts², se aplicó a todos los árboles marcados, buscando un leve escurrimiento del producto en el fuste de los árboles, para ello se utilizó una bomba de mochila, con boquilla de abanico en cono cerrado calibre 270.



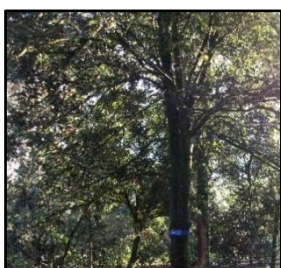


Antes de la aplicación se realizaron muestreos de suelo, follaje, corteza del fuste y raíces de los árboles, los cuales fueron trasladados al laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala, con el propósito de identificar el grado de ataque de *Phytophthora* spp en árboles de macadamia así mismo la observación del ataque de otros hongos que estaban en asocio con el ataque a la macadamia. El grado de severidad de la enfermedad de la macadamia fue determinada de manera visual al inicio del experimento.

Las aplicaciones realizadas fueron dos con intervalos de un mes entre cada una de ellas. La evaluación del control de la enfermedad se realizó cada mes después de las dos aplicaciones realizadas, evaluando de manera visual el efecto del producto en los árboles, utilizando 5 escalas porcentuales (0 – 100%) en grados de severidad de enfermedad.

3.3.2. Grado de severidad.

Para la medición de grado de severidad, fue utilizada la escala de grado de severidad porcentual creada por las Fincas de TRANSCAFE S.A. la cual es indicada en el cuadro 4.

Cuadro 5. Escala de severidad de *Phytophthora spp* utilizada en Finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

Descripción.	Escala de Severidad de <i>Phytophthora spp</i> .				
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 <i>Phytophthora</i> 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.	Amarillo.	Azul.	Rojo.	Ninguno.
Porcentaje.	0%	1-25%	26-50%	51-85%	86-100%

Fuente:

TRANSCAFE

S.A.

Los grados de severidad presentados por las fincas de TRANSCAFE S.A. fueron determinados previo al inicio de la investigación, lo que conllevó un entrenamiento visual altamente técnico. Detectando síntomas de amarillamiento, quemaduras en el follaje y la defoliación en porcentajes diferentes.

3.3.3. Manejo del experimento.

Para la investigación se utilizaron tres secciones de macadamia (*Macadamia integrifolia*) de la variedad Kau (344) de 34 años de edad, en un marco de siembra de 8 mts entre planta y 8 mts entre surco.

Los surcos están ubicados de Este a Oeste en contra de la pendiente, sobre un terreno renovado, ya que con anterioridad el principal cultivo era el cardamomo.

Al momento de realizar el experimento los árboles se encontraban en un grado de severidad 1, identificado con etiqueta amarilla.

Para el control químico de la enfermedad se utilizó una bomba de mochila de 16 litros de volumen, boquilla de abanico en cono cerrado. Cada uno de los tratamientos y repeticiones fueron debidamente identificados con nylon con los colores designados a cada tratamiento.

3.3.4. Descripción del experimento.

Para los efectos de la evaluación, los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria a las unidades experimentales, para ello se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 20 unidades experimentales.

3.3.5. Modelo estadístico.

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente. (8).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

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

μ= Efecto de la media general

T_i= Efecto del i-ésimo tratamiento de dosis de fosfitos.

B_j= Efecto de j-ésimo bloque.

E_{ij}= Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

3.3.6. Descripción de los tratamientos.

Para la evaluación de las dosis de Fosfitos, también se utilizó la dosis que las fincas de la empresa usan; las dosis utilizadas son:

Cuadro 6. Dosis de aplicación en la evaluación de dosis de fosfito potásico.

No. Tratamiento.	Producto.	Dosis / litro de agua.	Dosis de Penetrante (INEX-A)/ litro de agua	Color de identificación
1	Fosfito Potásico	10 ml	1 cc	Amarillo.
2	Fosfito Potásico	50 ml	1 cc	Azul.
3	Fosfito Potásico	100 ml	1 cc	Rojo.
4 ¹ .	Ninguno.	0 ml	0 cc	Blanco.
5 ² .	Fosfito Potásico + Cymoxanil + Mancozeb	5 ml + 2.5 grs.	1 cc	Verde.

Fuente: Investigación de campo.

¹ Testigo absoluto

² Testigo regional

3.3.7. Modo de aplicación.

El producto utilizado fue Fosfito Potásico (Atlante) y así mismo se realizó la mezcla con Cymoxanil más Mancozeb que es un Fungicida (Moxan) y un Penetrante (INEX-A) que fue parte del tratamiento del testigo regional. La forma de aplicación fue la siguiente:

Se realizó la aplicación al fuste de la macadamia con bomba de mochila de 16 lts de agua. De manera rociada al tronco hasta conseguir un escurrimiento ligero. El nivel al que se aplicó fue del suelo hasta 1mt de altura del fuste.

3.3.8. Frecuencias de aplicación.

Se realizaron dos aplicaciones con un intervalo de 30 días de la primera con la segunda aplicación.

3.3.9. Unidad experimental.

Cada unidad experimental estuvo constituida por 6 árboles sembrados a un distanciamiento de 8 mts entre planta por 8 mts entre surco.

El área por cada tratamiento fue de 1536 Mts², ocupando un área total de 30,720 Mts².

Se contó con una parcela grande conformada por 24 árboles y una parcela útil conformada por 6 árboles, la cual se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Conformación de tratamientos de la parcela útil.

*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: Investigación de campo.

Cada tratamiento contó con 24 árboles, teniendo un total de 480 árboles. De acuerdo al siguiente croquis.

3.3.10. Croquis general del ensayo.

Figura 2. Croquis de campo del ensayo.

BLOQUES.	TRATAMIENTOS.								
I	T3		T4		T1		T5		T2
II	T5		T1		T3		T2		T4
III	T1		T5		T3		T4		T2
IV	T1		T4		T2		T3		T5

Fuente: Investigación de campo.

3.3.11. Fase de laboratorio.

Para el efecto de la investigación se realizaron muestreos de raíces leñosas de macadamia, para su posterior observación en laboratorio, estas muestras fueron tomadas y observadas antes de la primera aplicación de fosfito potásico, así mismo fueron tomadas muestras después de la segunda aplicación de dicho producto, para observar el comportamiento de la enfermedad en la planta, después de un tratamiento. También fueron tomadas muestras de follaje. La mayoría de las muestras fueron analizadas en los laboratorios de fitopatología de la Universidad del Valle de Guatemala y una parte en el Laboratorios de Protección Vegetal de la Labor Ovalle ICTA Quetzaltenango.

Para la realización de las observaciones se realizaron los siguientes pasos.

- Se realizaron medios de cultivo PDA, donde se colocaron diluciones de muestras de suelo con proporciones de 1:10, 1:100 y 1:1000 como variables de evaluación en el laboratorio.
- Las muestras de raíces fueron cortadas en pedazos de tamaño de un cm cuadrado, las cuales fueron colocadas en medios de cultivo PDA, estas muestras solo fueron lavadas con agua destilada, también se realizaron medios de cultivo con muestras de la misma dimensión desinfectadas con alcohol, previamente lavadas con agua destilada.
- Las raíces leñosas fueron colocadas en cámaras húmedas donde hubo crecimiento de micelios de los diferentes hongos diagnosticados en el laboratorio.
- Las hojas también fueron colocadas en cámaras húmedas por separado debidamente identificadas.

Estos procedimientos fueron realizados para árboles sanos, enfermos y muertos, donde se obtuvieron los mismos resultados como se puede observar en el cuadro 13.

Las variables de evaluación utilizadas fueron:

3.3.12. Porcentaje de incidencia de *Phytophthora* spp.

Los métodos que son señalados son formas de medir la incidencia, esto es según French y Herbert (1980) citado por Barrios Velásquez, la cual es calculada de acuerdo a la fórmula presentada a continuación. (4).

$$I = \frac{\text{Plantas infectadas por tratamiento}}{\text{Total de plantas por tratamiento}} * 100$$

I= Incidencia.

3.3.13. Tasa de severidad.

Se tomaron datos sobre la **tasa de severidad** de la enfermedad en la copa de los árboles (escala 0 - 4), estas observaciones se realizaron una cada mes, obteniendo 6 datos. Esto se realizó acorde al cuadro presentado de grado de severidad (Cuadro 2). El porcentaje de severidad inicial fue entre 1-25 % en cada unidad experimental, encontrándose en un grado de severidad 1.

3.3.14. Número y peso de raicillas presentes.

La determinación del número de raíces fue realizada antes de las aplicaciones, mediante la elaboración de una excavación de 1.5 mts² con una profundidad de 50 cm la cual puede observarse en la imagen 4, de la cual fue marcado 1mt² del área, para el conteo del número de raicillas estimuladas con la aplicación del fosfito potásico. Estas observaciones y conteos se realizaron 6 veces, una vez por mes. Las excavaciones fueron realizadas en 20 árboles, un árbol por cada unidad experimental. Un árbol por cada tratamiento de los cuatro bloques.

3.3.15. Análisis estadístico.

Se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

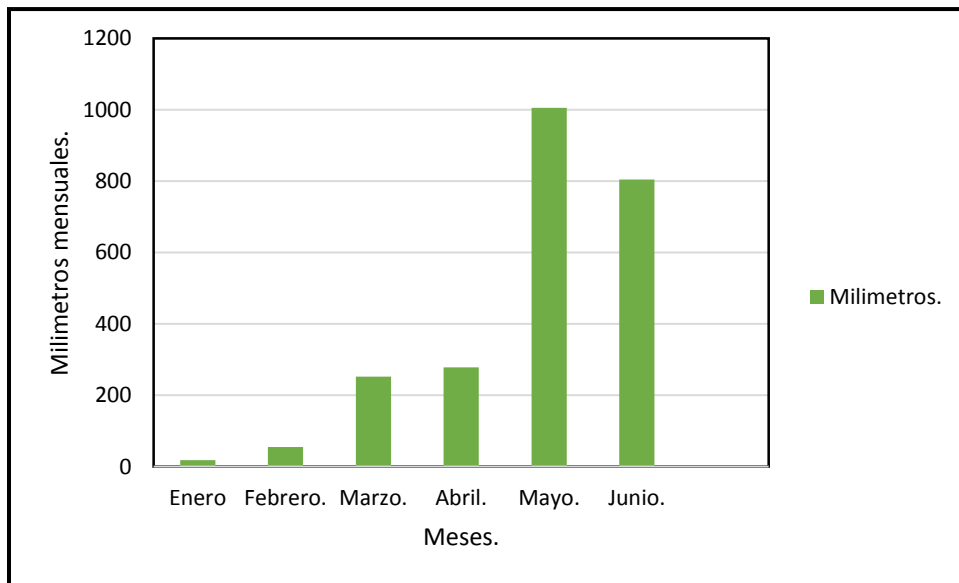
Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT. El análisis de varianza (ANDEVA) fue el indicado para analizar el ajuste de datos y para la separación de medias se utilizó el test de Tukey con una probabilidad de 5%.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Comportamiento de lluvias durante evaluación.

En la gráfica siguiente se presenta el comportamiento de la precipitación pluvial comprendida durante los meses de Enero a Junio, meses donde se recolectaron los datos correspondientes a la evaluación de dosis de fosfitos potásicos en árboles de macadamia afectado por *Phytophthora*.

Figura 3. Comportamiento Precipitación Pluvial.



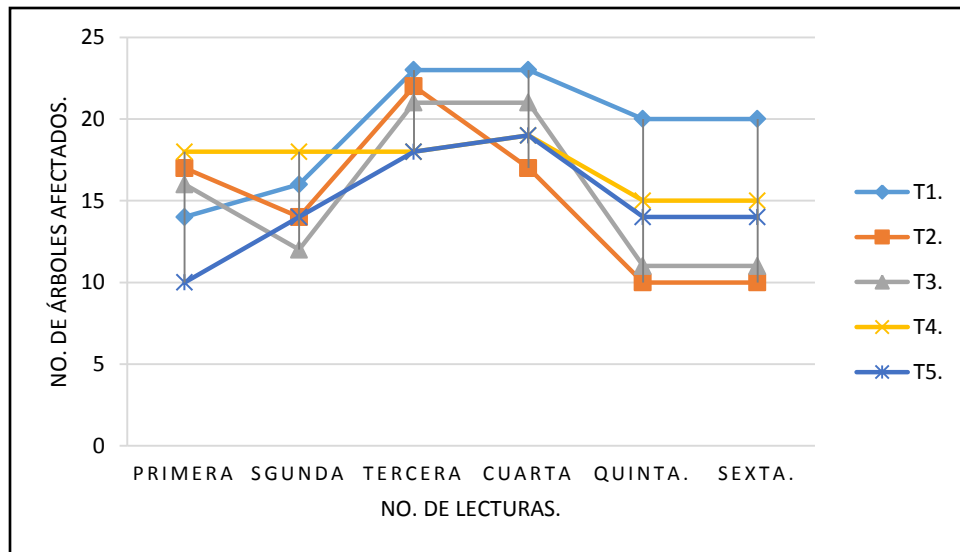
Fuente: Investigación de campo.

Se puede observar que en el mes de mayo la precipitación incremento drásticamente; dando lugar a un ambiente favorable para la reproducción del hongo de manera que pudiesen ser infectados los árboles y que la reproducción del hongo incrementara.

4.2. Dinámica de incidencia de *Phytophthora* spp.

En la figura 4 muestra la dinámica de la incidencia de *Phytophthora* en árboles de macadamia determinadas en cada lectura.

Figura 4. Dinámica de incidencia de *Phytophthora* spp.



Fuente: Investigación de campo.

Se puede observar que en la tercera lectura hubo un incremento de la incidencia manteniéndose estable en la cuarta lectura, bajando en la quinta lectura de manera leve siendo finalmente constante en la última lectura para todos los tratamientos.

Se puede observar que hay un factor muy importante que es la precipitación pluvial en los meses de marzo y abril estuvieron bajos con 26 milímetros de diferencia entre cada mes, en estos meses la incidencia fue muy alta para la mayoría de los tratamientos esto se debe a que el hongo aprovecha las condiciones del árbol, encontrándose en un estado de estrés por la falta de lluvia para una máxima movilización de nutrientes que ayudan a la formación de mecanismos de defensa. De esta manera los árboles manifiestan los síntomas del ataque del hongo, logrando de esta manera una elevación en la severidad de la enfermedad en los árboles.

En el mes de mayo hubo un incremento de la precipitación, por consiguiente una mejor movilización de los nutrientes y mayor formación de mecanismos de defensa en los árboles haciendo de esa forma que la incidencia bajara y se mantuviera en la última lectura.

4.3. Porcentaje de incidencia según grado de severidad 2 o más.

La incidencia inicial fue del 100%, ya que todos los árboles que conforman cada tratamiento estaban afectados por Phytophthora, antes de la primera aplicación, los árboles inicialmente se encontraban con un grado de severidad 1 (1 – 25%) considerado como ligeramente enfermo, esta lectura fue realizada para la observación del estado fitosanitario de los tratamientos. Posteriormente las lecturas fueron realizadas cada 30 días, para poder observar el comportamiento de la enfermedad. Motivo por el cual se tomó la decisión de analizar los datos que presenta en grado de severidad 2 o más donde se mostraba más probabilidad de la determinación del comportamiento de la incidencia de la enfermedad.

La incidencia del ataque de Phytophthora que afecta a los árboles de macadamia (*Macadamia integrifolia*) se midió a través de la fórmula propuesta por French y Hebert (1980) citada por Barrios Velásquez (4).

$$I = \frac{\text{Plantas infectadas por tratamiento}}{\text{Total de plantas por tratamiento}} * 100$$

I= Incidencia.

Para el análisis de los datos obtenidos en la última lectura se realizó una transformación de datos en arcoseno \sqrt{P} propuesto por Thomas M. Little y F. Jackson Hills. Se realizó el análisis sobre el grado de severidad 2 o más que es el grado donde se encuentra la

mayoría de los árboles. No se ha realizado el análisis sobre los datos generales ya que la incidencia se encontró en un 100%. (12).

Cuadro 7. Porcentaje de incidencia última lectura según grado de Severidad 2 o más.

TRATAMIENTOS.	BLOQUES.				Σ	MEDIA.
	I	II	III	IV		
1	83.33	83.33	100	100	366.66	91.66
2	50	66.67	100	66.67	283.34	70.83
3	50	66.67	100	50	266.67	66.66
4	83.33	83.33	100	100	366.66	91.66
5	66.67	50	50	100	266.67	66.66
Σ	333.33	350	450	416.67	1550	77.49

Fuente: Investigación de campo.

En el cuadro anterior se muestran los resultados de los datos de porcentaje de incidencia de la última lectura obtenida del grado de severidad 2 o más, presentada en porcentajes según la fórmula de incidencia mencionada anteriormente, mostrando que no hubo mayor efecto de los tratamientos sobre *Phytophthora* ya que siempre presentó un 100% de incidencia obtenida de la fórmula de cálculo de incidencia ya que todos los arboles están afectados por *Phytophthora* spp.

La media más baja presentada en el porcentaje de incidencia se observa en el tratamiento 5 con un 38% y la más alta es el tratamiento 4 que es el tratamiento absoluto, teniendo una media general de 54%.

Cuadro 8. Datos transformados al arcoseno \sqrt{P} , de la última lectura en porcentaje de incidencia según grado de severidad 2 o más.

TRATAMIENTOS.	BLOQUES.				Σ	MEDIA.
	I	II	III	IV		
T1	65.9	65.9	90	90	311.8	77.95
T2	45	54.74	90	54.74	244.48	61.12
T3	45	54.74	90	45	234.74	58.68
T4	65.9	65.9	90	90	311.8	77.95
T5	54.74	45	45	90	234.74	58.68
Σ	276.54	286.28	405	369.74	1337.56	66.87

Fuente: Investigación de campo.

Este cuadro presenta los datos convertidos al arcoseno \sqrt{P} , están tomados como referencia los datos de la última lectura del grado de severidad 2 o más presentados en el cuadro 6 ya que es uno de los grados que contiene el mayor número de árboles correspondientes a los tratamientos, y así mismo que se toma como referencia este dato ya que al inicio y al final de la investigación la incidencia fue de 100% distribuidas en los diferentes grados de severidad.

Posterior a la conversión de datos al arcoseno, se realizó una curación de datos, la cual consiste en la sustitución de la media obtenida de los datos convertidos en arcoseno. El primer dato de media obtenido sustituyó el valor más bajo en los tratamientos, con esto se obtiene una nueva media la que sustituyó el dato más alto obtenido en los tratamientos.

Esta curación de datos se ha realizado con el propósito de reducir el Error Experimental a través de suavizar la varianza.

Se realizó el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental, que en este caso fue bloques completos al azar (DBCA), para evaluar el resultado de la variable de evaluación que en este caso es la incidencia.

Cuadro 9. Análisis de la Varianza del porcentaje de incidencia.

F.V.	SC	GL	CM	F Cal.	F- Tab.5%	F- Tab.1%	Nivel de Significancia.
BLOQUES.	2379.32	3	793.11	3.53	3.49	5.95	NS
TRAT.	1650.33	4	412.58	1.83	3.26	5.41	NS
ERROR.	2699.12	12	224.93				
TOTAL.	<u>6728.77</u>	19					

Fuente: investigación de campo.

CV: 22.43 %

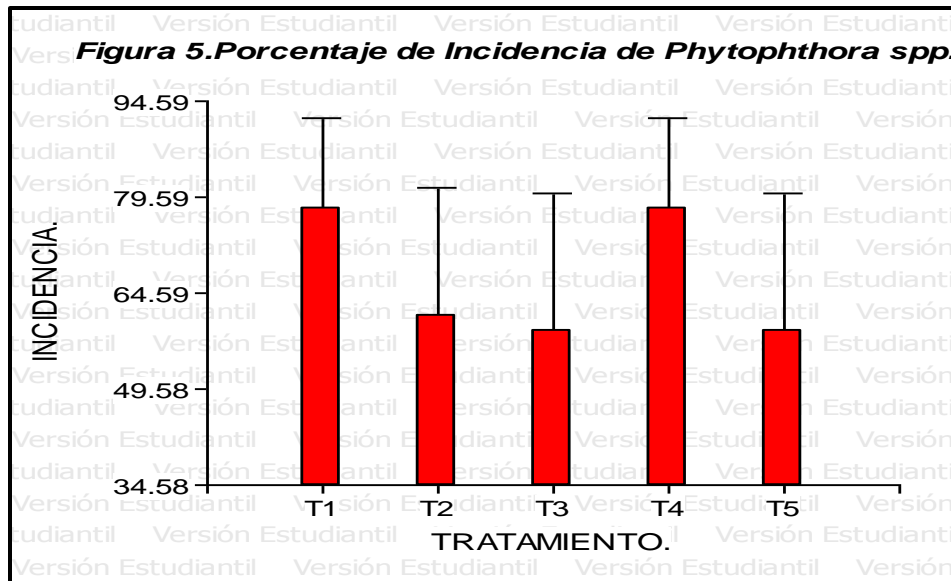
El análisis de varianza realizado a cada unidad experimental sobre el porcentaje de incidencia de la enfermedad correspondiente al grado de severidad 2 o más, da a conocer que no existe diferencia significativa, la cual se manifiesta en la F calculada siendo esta menor que la F tabulada, indicando que se rechaza la hipótesis alternativa (aceptando la hipótesis nula), demostrando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto al control de *Phytophthora* en macadamia (*Macadamia integrifolia*).

Esto es debido a que las condiciones climáticas que se presentan en el área, en este caso la humedad relativa oscila entre 80% a 90% convirtiéndose en un ambiente favorable para que el hongo se reproduzca sin ninguna dificultad, permaneciendo en el suelo y el tejido vegetal afectado.

Tomando en cuenta que la precipitación pluvial fue muy alta durante los meses de la evaluación, la cual se convirtió en un factor muy importante para la reproducción de esporangios se dio en las condiciones adecuadas, de esta forma la infección a las raíces de los árboles y en todo el árbol incrementara, logrando de esta forma una incidencia alta y constante. Dejando que el efecto de los tratamientos fueran relativamente muy poco efectivos.

No se realizó la prueba de medias ya que no existe diferencia estadísticamente significativa, pues los tratamientos no mostraron mejoras en cuanto a la enfermedad, manteniendo el 100% de la incidencia con un grado de severidad más alto que al inicio de la investigación clasificándose como incidencia en el grado de severidad 2.

Figura 5. Porcentaje de incidencia de *Phytophthora* spp.



Fuente: Investigación de campo.

Se hace necesario conocer que aunque la incidencia final sea de 100%, esta gráfica muestra el comportamiento de la incidencia de la enfermedad en la macadamia en el grado de severidad 2 o más, se puede observar que el tratamiento 5 Fosfito Potásico más fungicida, mantuvo una incidencia baja a comparación de los demás tratamientos presentados. Así mismo se puede observar que el tratamiento 3 fue igual que el tratamiento 3 que solo fue la aplicación de Fosfito potásico en concentraciones de 100 cc por litro de agua.

Esto se debe a la combinación del Fosfito Potásico como un estimulador de defensa en las plantas y como un agente fungicida. Lo que se realiza con esta mezcla con un fungicida

curativo-preventivo, es reforzar el control del incremento de la incidencia de la enfermedad en la macadamia, manteniendo el estado de severidad e incidencia de la planta.

Las altas concentraciones de Fosfito Potásico muestran un factor muy importante y es el de la estimulación e inducción de mecanismos de defensas en los árboles lo que hace que el árbol sea más resistente al ataque de la enfermedad, esto se debe a su efecto de fertilizante foliar y fungicida.

4.4. Porcentaje de severidad.

Los datos del porcentaje de severidad fueron tomados a través de la escala de severidad propuesta por las fincas TRANSCAFÉ S.A. tomándose en cuenta los daños en el área de la copa de macadamia causada por Phytophthora. Al inicio de la investigación las unidades experimentales mostraban entre 1-25% de severidad, encontrándose en un grado de severidad 1 al inicio de la investigación, mostrando variabilidad en cuanto al porcentaje y grado de severidad al final de la investigación.

Cuadro 10. Porcentaje de severidad última lectura.

TRATAMIENTOS.	REPETICIONES.				Σ	MEDIA.
	I	II	III	IV		
1	53	50	51	51	205	51
2	55	60	55	59	229	57
3	56	60	62	60	238	60
4	67	53	80	71	271	68
5	33	30	39	42	144	36
Σ	264	253	287	283	1087	54

Fuente: Investigación de campo.

En el cuadro 9 se da a conocer el porcentaje de severidad que se presenta a los 210 días después de la última aplicación realizada, se puede observar que hubo incremento en el

porcentaje de severidad con relación a la lectura realizada al inicio de la investigación. Los datos presentados son el resultado de la media de la sumatoria de todos los porcentajes de severidad presentadas en cada árbol de los tratamientos en cada bloque.

Cuadro 11. Datos transformados al arcoseno \sqrt{P} , última lectura porcentaje de severidad.

TRATAMIENTOS.	REPETICIONES.				Σ	MEDIA.
	I	II	III	IV		
1	47	45	46	46	183	46
2	48	51	48	50	197	49
3	49	51	52	51	203	51
4	56	46	63	58	224	56
5	35	33	38	40	146	37
Σ	235	226	247	244	943	48

Fuente: Investigación de campo.

En el cuadro anterior se muestran los datos convertidos al arcoseno \sqrt{P} de la última lectura del porcentaje de severidad, tomándose de manera simultánea con el porcentaje de incidencia. Cabe destacar que en este caso del porcentaje de severidad, fue una variable manejada con una escala visual, teniendo un criterio muy amplio y técnico.

Para el efecto de este dato se tomaron en cuenta las lesiones ocasionadas en las hojas de la macadamia, así mismo el daño general presentado en la copa del árbol causado por *Phytophthora* spp. Se puede observar que hubo un incremento del porcentaje de severidad en las unidades experimentales.

Así mismo estos datos fueron “curados” de la misma manera que los datos de incidencia, para la obtener reducción en cuanto al Error Experimental.

Posteriormente se realizó el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental, en este caso fue bloques completos al azar (DBCA), para evaluar el resultado de la variable de porcentaje de severidad.

Cuadro 12. Análisis de la varianza de porcentaje de severidad.

F.V.	SC	GL	CM	F Cal.	F- Tab.5%	F- Tab.1%	Nivel de Significancia.
BLOQUES.	56.55	3	18.85	1.63	3.49	5.95	NS
TRAT.	819.30	4	204.83	17.72	3.26	5.41	**
ERROR.	138.70	12	11.56				
TOTAL.	1014.55	19					

Fuente: Investigación de campo.

CV: 7.13%

El análisis de varianza realizado a las unidad experimental sobre el porcentaje de severidad, da a conocer que existe diferencia significativa, la cual se manifiesta en la F calculada, siendo esta mayor que la F tabulada, indicando que se rechaza la hipótesis nula (aceptando la hipótesis alternativa), demostrando que si hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de severidad presentada en cada uno de los tratamientos manejados en la investigación.

Cuadro 13. Prueba de Medias de Tukey:

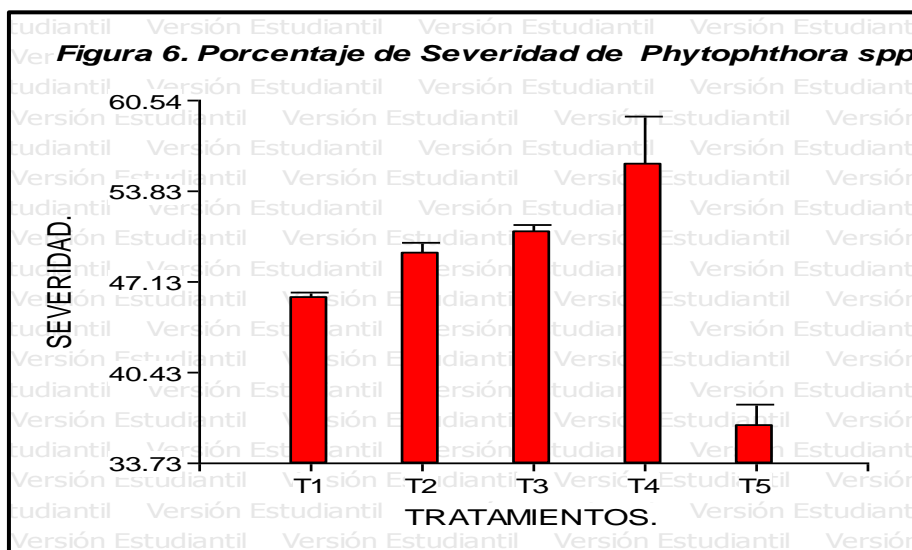
TRATAMIENTOS.	MEDIAS.	N	E.E.	
T5	36.50	4	1.70	A
T1	46.00	4	1.70	B
T2	49.25	4	1.70	B C
T3	50.75	4	1.70	B C
T4	55.75	4	1.70	C

Fuente: Investigación de campo.

DMS= 7.66255

Posteriormente al análisis de varianza se realizó la prueba de medias de Tukey, con significancia del 5%, determinando que si hay diferencia significativa entre los tratamientos, mostrando nuevamente que el tratamiento con código T5 presenta una baja en el porcentaje de severidad, mostrando en el follaje menos amarillamiento y la estimulación de emisión de follaje nuevo.

Figura 6. Porcentaje de severidad de *Phytophthora* spp.



Fuente: Investigación de campo.

En la figura 2 se puede observar el comportamiento de la severidad de la enfermedad en la macadamia, dando a conocer nuevamente que el tratamiento 5 muestra menor severidad en la plantación de macadamia, que como fue indicado anteriormente este tratamiento cuenta con una mezcla de Fosfite Potásico y fungicida los que ayudan a la estimulación de generación de hormonas de defensa en este caso del Fosfite Potásico y actuando de manera sistémica y translaminar en este caso el fungicida Cymoxanil más Mancozeb que ayuda al combate de enfermedades fungosas.

Cabe destacar que no se presenta un porcentaje de severidad del 0%, pues la plantación tiene 34 años de siembra, así mismo se presentan enfermedades fungosas en el follaje causadas por *Cholletotricum spp*, entre otras. Este diagnóstico fue obtenido en el laboratorio de fitopatología de la Universidad del Valle de Guatemala la cual puede observarse en el cuadro 12.

Los altos porcentajes de severidad se pueden observar en los meses de poca precipitación pluvial, donde se pudo observar que la expresión de los síntomas del ataque del hongo en los árboles es mayor en época seca, así mismo es importante mencionar que hay factores muy importantes como la ubicación de los tratamientos, ya que algunos bloques se encontraban en lugares más expuestos a la sol, y otros con más humedad relativa.

4.5. Número y peso de raicillas presentes.

Esta variable no se ha podido analizar estadísticamente, debido a que no hubo crecimiento de raicillas, de manera que se rechaza la hipótesis alternativa (aceptando la hipótesis nula). Al inicio de la investigación antes de las aplicaciones correspondientes no se encontró raicillas, por consiguiente el dato fue de 0 las cuales se tomaron como referencia entre la primera y última lectura que fue realizada de manera simultánea con el porcentaje de incidencia y severidad.

En los árboles observados que representaron a cada unidad experimental se pudo observar que este efecto se debe a un factor muy importante, que en este caso es que más del 50% de las raíces encontradas estaban muertas completamente, presentando en algunos casos carbonización completa de las raíces, esta falta de crecimiento de raicillas puede ser observado en la figura 9, este efecto está relacionado al complejo de hongos fitopatógenicos encontrados en la muestras de raíces y suelos analizados en el laboratorio de protección vegetal de la Universidad del Valle de Guatemala pudiéndose observar en el cuadro 13.

Así mismo se logró observar *Armillaria mellea* y *Ceratocystis fimbriata*, este complejo fue observado en los laboratorios de la Labor Ovalle Quetzaltenango ICTA.

4.6. Diagnóstico.

Cuadro 14. Pruebas de diagnóstico realizadas durante el periodo de investigación.

Cultivo de macadamia	Parte del cultivo.	Bacterias.	Hongos.
Árbol enfermo			<i>Cholletotricum</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.
Árbol sano ³	Hoja, raíz y suelo.	Negativo.	<i>Cladosporium</i> spp. <i>Verticillium</i> spp. <i>Alternaria</i> spp.
Árbol muerto			<i>Pythium</i> spp.

Fuente: Laboratorio UVG 2014.

En el cuadro 13 se puede observar el diagnóstico obtenido través del laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala, encontrándose un gran complejo de enfermedades fúngicas que atacan a las raíces de los árboles enfermos o muertos, así mismo a los árboles que aparentemente se muestran sanos. Prevalcen 5 tipos de hongos en muestras de hojas, raíces y suelo, dando a conocer que la plantación esta propensa al

³ Se calificó como árbol sano por la ausencia de síntomas.

ataque de estos hongos de distintas formas ya sean por daños mecánicos o así mismo la susceptibilidad de la plantación por los años que lleva de siembra.

4.7. Análisis económico.

El análisis económico se realizó en base a presupuestos parciales, tomando el costo de aplicación por hectárea neta de cultivo; el volumen total de aplicación por hectárea considerado es de 154 lts haciendo relación con las diferentes dosis.

Cuadro 15. Determinación total de costos variables (CV).

Código.	Tratamiento	Aplicaciones	Jornal es usados	Valor del jornal (Q)	Total (Q).	Costo/ aplicación n/ Ha (Q).	Costo total CV (Q).
T1	Fosfito Potásico 10 ml / lt	2	1	35	35	383	418
T2	Fosfito Potásico 50 ml / lt	2	1	35	35	1738.8	1773.8
T3	Fosfito Potásico 100 ml / lt	2	1	35	35	3433.54	3468.54
T4	Sin aplicación.	0	0	0	0	0	0
T5	Fosfito Potásico ⁴ Cymoxanil ⁵ Mancozeb	2	1	35	35	398.3	433.3

Fuente: Investigación de campo.

En el cuadro 14 se da a conocer los costos variables que fueron tomados en cuenta para la aplicación del producto en diferentes dosis por hectárea, se puede observar que el tratamiento 3 es el que muestra los costos más altos en aplicación. El costo del

⁴ 5 ml / litro

⁵ 2.5 grs / litro

tratamiento 1 es el más bajo, sin embargo entre el tratamiento 1 y 5 hay una diferencia mínima, considerando que el efecto del tratamiento 5 es mayor en la incidencia y severidad de Phytophthora ya que es una combinación de Fosfito potásico con un fungicida.

5. CONCLUSIONES.

- 1) Ningún tratamiento redujo la incidencia de la enfermedad provocada por *Phytophthora* en la macadamia, Por tal motivo se rechaza la hipótesis alternativa uno.
- 2) La incidencia del ataque del hongo se incrementa con las altas precipitaciones pluviales presentes en el área, ya que hay mayor movilización de zoosporas en el suelo.
- 3) En porcentaje de severidad se reduce con el tratamiento cinco por lo que se acepta la hipótesis alternativa dos.
- 4) El proceso de estrés hídrico en los árboles, provoca que la translocación de fosfito potásico, que estimula la formación de hormonas de defensa sea mínima, provocando que la severidad de la enfermedad se incremente.
- 5) De las tres dosis de Fosfito Potásico, ninguna tuvo efecto sobre la estimulación de crecimiento de raicillas en los arboles afectados por *Phytophthora* spp. por lo que se acepta la hipótesis nula tres.
- 6) El análisis fitopatológico realizado permitió determinar la presencia de *Cholletotricum* spp, *Fusarium* spp, *Cladosporium* spp, *Verticillium* spp, *Alternaria* spp, *Pythium* spp, *Armillaria mellea* y *Ceratocystis fimbriata*, en árboles con síntomas de muerte descendente como causa posible de la enfermedad.

6. RECOMENDACIONES.

- 1) Se recomienda utilizar el tratamiento cinco que es la mezcla de 5 ml de Fosfito Potásico (Atlante) en mezcla de 2.5 grs de Cymoxanil más Mancozeb (Moxan MZ 72 WP) y 1 cc de Alcohol graso etoxilado más Polidimetilsiloxano (INEX-A) por cada litro de agua, ya que ayuda a mantener una baja incidencia y porcentaje de severidad en cuanto al ataque de *Phytophthora* spp en la macadamia.
- 2) Realizar aplicaciones preventivas en época de alta precipitación pluvial (junio como una primera aplicación) para reducir la incidencia y al inicio de la época seca (segunda aplicación) para minimizar la severidad.
- 3) Evaluar fungicidas de distinto mecanismo de acción en mezcla con Fosfito Potásico para el manejo de patógenos encontrados en raíz durante los análisis fitopatológicos

7. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Agro Negocios. Nuez de Macadamia (En línea). Consultado el 15 de Junio 2013. Disponible en: www.sica.gov.ec/agronegocios
- 2) Anacafé. Nuez de Macadamia (En línea). Consultado el 10 de junio 2013. Disponible en: [http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo de nuez macadamia](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_nuez_macadamia)
- 3) Anasac. 2012. MOXAN MZ WP- Fungicida Agrícola (ficha técnica), (En línea), consultado 10 de junio 2013. Colombia. Disponible en: www.anasac.com.co
- 4) Barrios V. R. N. 2014. Evaluación de diez fungicidas para el control del hongo *Cladosporium echinulatum* causante de la mancha anular en el cultivo del clavel *Dianthus cariophyllus* var. *Cayenne*, bajo condiciones de invernadero. Tesis Lic. Ingeniero Agrónomo. Tecpán Chimaltenango. 58 págs.
- 5) Broadley, R.H. 1992. Protect your Avocados. Department of Primary Industries, Queensland. National Library of Australia. Queensland Government. 140 págs.
- 6) Carmona, M.; Sautua, F. 2011. Impacto de la Nutrición y de Fosfitos en el Manejo de enfermedades en Cultivos Extensivos de la región pampeana. Rosario Argentina. (En línea). Consultado 10 de junio 2013. Disponible en: [http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Impacto%20de%20la%20nutrici%F3n%20y%20de%20fosfitos%20en%20el%20manejo%20de%20enfermedades%20en%20cultivos%20extensivos%20de%20la%20Regi%F3n%20Pampeana%20\(2011\).pdf?op=d&documento_id=133](http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Impacto%20de%20la%20nutrici%F3n%20y%20de%20fosfitos%20en%20el%20manejo%20de%20enfermedades%20en%20cultivos%20extensivos%20de%20la%20Regi%F3n%20Pampeana%20(2011).pdf?op=d&documento_id=133)
- 7) Cervera M., Cautin R. y Jeric G. Evaluación de Fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de *Phytophthora cinnamomi* en Paltos (*Persea americana* Mill) CV. Hass Plantados en contenedor. La Palma, Región de Valparaíso Chile (En

linea) Consultado 25 de febrero 2015. Disponible en:
<http://hortintl.cals.ncsu.edu/es/articulos/evaluacion-del-fosfito-calcico-potasico-y-magnesico-en-el-control-de-phytophthora-cinnamomi>

- 8) De Paz, R. 2009. Diseño y Análisis de Experimentos Agrícolas. Segunda Edición. Quetzaltenango, Guatemala. 99 págs.
- 9) Figueroa, E.; Benítez, C. 2010 Fertilización Potásica. Revista maíz en SD, 105-107 AAPRESID.
- 10) Holdridge, L. 2002. Zonas de vida de Guatemala (En línea). Consultado 10 de junio 2013. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2377.pdf pag.10.
- 11) Lemus C. O. R. 2001. Fertilización con elementos mayores en producción del cultivo nuez de macadamia *Macadamia integrifolia Mueller*. Tesis. Quetzaltenango, Guatemala. 49 págs.
- 12) Little, T. M., Hills F. J. 1991. 246 págs. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México.
- 13) Payeras A. 2014 Nutritech, Fosfito Potásico, Bonsai Menorca (En línea). Consultado el 15 de julio 2013. Disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/fosfito-potasico/>
- 14) Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Primera edición. Mundi Prensa, México S.A. de CV. México, D.F. 219 págs.
- 15) Tierra Adentro *AGRICOLA "SAN BLAS". 2000 Que son los fosfitos (En línea). Consultado 10 de junio 2013. Disponible en:*

<http://agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/398-ique-son-los-fosfitos>

- 16) Vidal L., C. V. (2008). *Control Interno Aplicable a la Ejecución de Proyectos de Inversión de una Empresa Agrícola Dedicada a la Exportación de Nuez de Macadamia. Tesis: Contadora Publica y Auditora. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala.*

- 17) Walforth S. y de los Ríos. (2005). El cultivo de la macadamia. (En línea). Del Alba S.A. Colombia consultado el 20 de enero 2014. Disponible en: http://www.delalba.com.co/assets/applets/EI_Cultivo_de_la_Macadamia.

- 18) Zentmyer, G. A. 1994. *Compendium of Tropical Fruit Diseases. The Diseases Compendium Series of the American Phytopathological Society. APSPRESS.USA.* 88 pág.

8. ANEXOS.

Figura 7: Mapa Aéreo de la Finca Altamira.

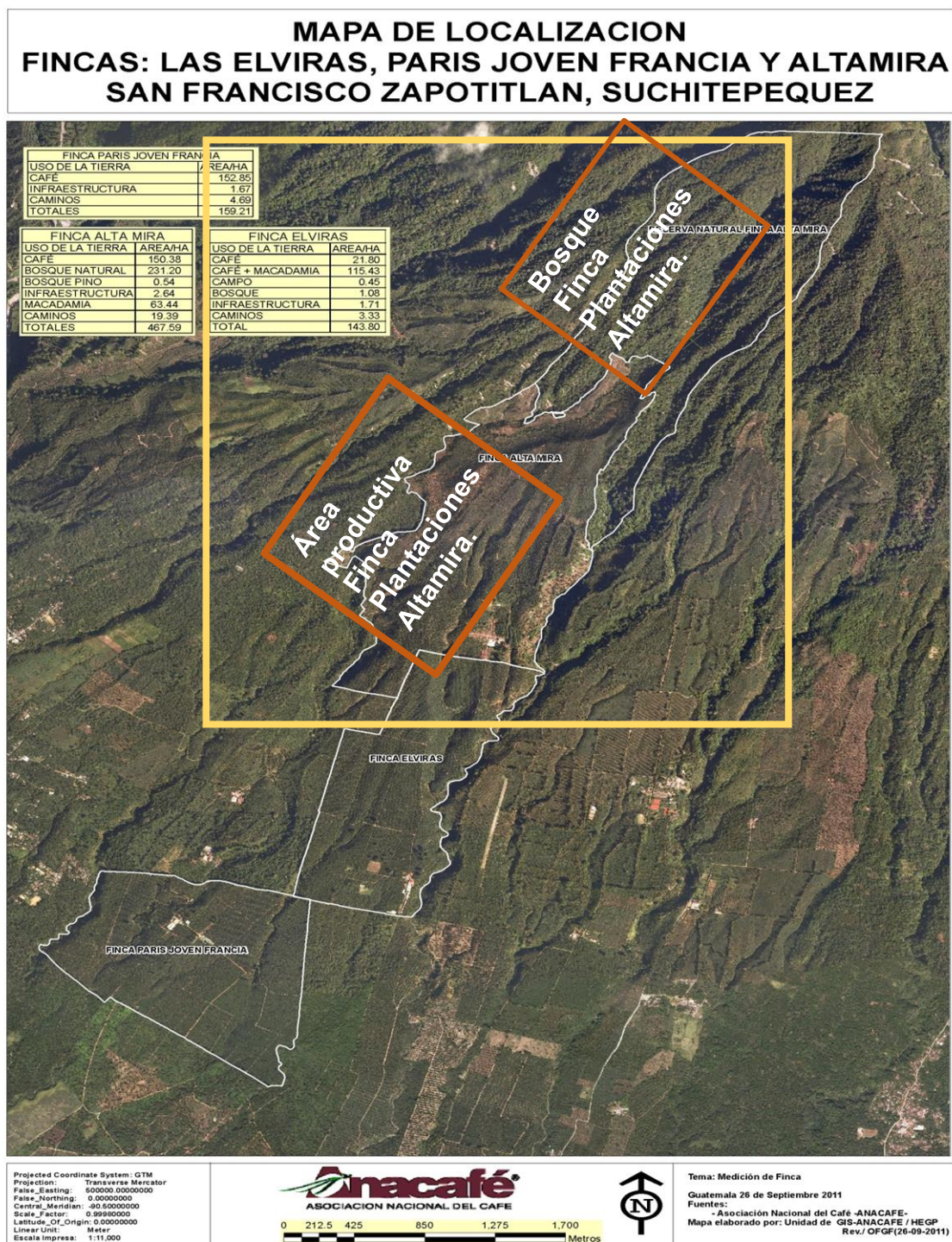


Figura 8: Árbol atacado por *Phytophthora* spp.



Fuente: investigación de campo.

Figura 9: Área del fuste afectada por *Phytophthora* spp.



Fuente: investigación de campo.

Figura 10: Aplicación de Fosfito Potásico.



Fuente: Investigación de campo.

Figura 11: Árbol con ahoyado sin crecimiento de raicillas afectados por *Phytophthora spp.*



Fuente: Investigación de campo.

9. CRONOGRAMA DE ACRIVIDADES 2013-2014

Actividad	Nov.	Dic.	Enero.	Fe.	Marzo.	Abril.	Mayo.	Jun.	Jul- Oct.
Selección área, marcación de árboles y realización de ahoyado.	■ ■ ■								
Observación de muestras en laboratorio.	■	■ ■	■	■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Primera aplicación.			■						
Segunda aplicación.			■						
Toma de datos.				■	■	■	■	■	■
Tabulación de datos.									
Análisis estadístico.									■
Análisis de discusión de resultados.									■
Elaboración del informe final.									■ ■