

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



Evaluación de tres insecticidas biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* Thripidae “trips” en el cultivo de *Macadamia integrifolia* en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

Por:

T.P.A. Manuel Eduardo Calderón Mateo

Carné: 201840761

DPI: 3225 20959 1001

edward97calderon@gmail.com

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, FEBRERO DE 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



Evaluación de tres insecticidas biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* Thripidae “trips” en el cultivo de *Macadamia integrifolia* en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

Por:

T.P.A. Manuel Eduardo Calderón Mateo

Carné: 201840761

Ing. Agr. M.A. Héctor Rubén Posadas Ruiz

ASESOR-SUPERVISOR

Mazatenango, Suchitepéquez. Febrero de 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por permitirme alcanzar una meta tan importante en mi vida, por demostrarme su inmenso amor a través de sus múltiples bendiciones en el transcurso de mi carrera universitaria.
- MIS PADRES:** Manuel Evaristo Calderón Orozco e Irma Eugenia Mateo Gonzáles; por el apoyo incondicional, cariño, afecto y aprecio brindado en todo momento hacia mi persona.
- MIS HERMANOS:** Por el apoyo y comprensión en este proceso formativo.
- MIS ABUELOS:** Esteban Mateo (QEPD), Guillermina González (QEPD), Berardo Calderón (QEPD) y Carmen Orozco (QEPD); por todas las enseñanzas y amor recibido desde mi infancia hasta el último momento en que estuvieron presentes en esta tierra.
- MI FAMILIA EN GENERAL:** Por todas las muestras de cariño, motivación y aprecio recibidas durante este período educativo.

AGRADECIMIENTOS

LA UNIVERSIDAD

DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por el conocimiento impartido a través de sus docentes de la carrera de ingeniería en agronomía tropical del centro universitario de Suroccidente (CUNSUROC).

ING. AGR. M.A. HÉCTOR POSADAS

Por guiarme con certeza y paciencia durante todo el proceso de mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPSAT).

TRANSCAFE S.A.

Por abrirme las puertas para desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPSAT) en finca Plantaciones Altamira.

ING. AGR. GUSTAVO MARTÍNEZ

Por su amistad y confianza brindada en todo momento hacia mi persona.

FINCA PLANTACIONES ALTAMIRA

Por los consejos, sugerencias y muestras de aprecio durante mi estadía en la finca por parte del personal administrativo, operativo y sus habitantes.

AMIGOS EN GENERAL

Por motivarme constantemente a seguir adelante en cada paso de mi vida.

MI PATRIA

A mi país Guatemala y su noble agricultura.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	JUSTIFICACIÓN	6
III.	MARCO TEÓRICO.....	7
1.	Marco Conceptual	7
1.1.	Origen.....	7
1.2.	Importancia del cultivo	7
1.3.	Generalidades del cultivo.....	7
1.4.	Clasificación taxonómica	8
1.5.	Ecología del cultivo.....	9
1.6.	Aspectos botánicos.....	9
1.7.	Requerimientos climáticos	12
1.8.	Temperatura	13
1.9.	Altitud	13
1.10.	Precipitación	13
1.11.	Manejo agronómico	14
1.12.	Diseño y análisis de covarianza.....	23
1.13.	Insecticida biológico.....	24
1.14.	Mayor control.....	24
1.15.	Dosis de insecticidas biológicos.....	25
1.16.	Costos	25
2.	Marco Referencial	25
2.1.	Ubicación geográfica de finca Plantaciones Altamira.....	25
2.2.	Extensión, límites y vías de acceso	26
2.3.	Clima	26
2.4.	Zona de vida.....	26
2.5.	Suelo	27
2.6.	Hidrografía.....	27
2.7.	Insecticidas a evaluar en la investigación	27
2.8.	Modo de acción de los bioinsecticidas	29

2.9.	Resultados de investigaciones realizadas con anterioridad dentro o fuera del país relacionadas a Trips <i>Frankliniella occidentalis</i> .	31
2.10.	Método del golpeo	34
IV.	OBJETIVOS	35
V.	HIPÓTESIS	36
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
1.	Materiales	37
1.1.	Recursos humanos	37
1.2.	Recursos físicos	37
1.3.	Recursos financieros	37
2.	Metodología	38
1.	Para determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan mayor control de trips <i>F. occidentalis</i> en el cultivo de macadamia.	38
2.	Para determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan el mayor cuaje de frutos en el cultivo de macadamia	46
3.	Para Elaborar el costo de cada tratamiento a evaluar en el control de trips <i>F. occidentalis</i> en el cultivo de macadamia	48
VII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
1.	Determinación del insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan mayor control de trips <i>F. occidentalis</i> en el cultivo de macadamia.	50
1.1.	Porcentaje de control de trips <i>F. occidentalis</i>	50
1.2.	Número de trips <i>F. occidentalis</i> por inflorescencia	53
2.	Determinación del insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan el mayor cuaje de frutos en el cultivo de macadamia.	56
2.1.	Cuaje de frutos	56
3.	Elaboración del costo de cada tratamiento a evaluar en el control de trips <i>F. occidentalis</i> en el cultivo de macadamia.	58
3.1	Costo por tratamiento	58
VIII.	CONCLUSIONES	60
IX.	RECOMENDACIONES	61

X.	REFERENCIAS.....	62
XI.	ANEXOS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Clasificación taxonómica del cultivo de Macadamia <i>M. integrifolia</i>	8
2. Tratamientos evaluados.....	43
3. Costo general de los insumos utilizados.	48
4. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la primera aplicación.....	50
5. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la segunda aplicación ...	51
6. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la tercera aplicación.....	51
7. Análisis de covarianza del número de trips en la primera aplicación.	53
8. Análisis de covarianza del número de trips en la segunda aplicación.	54
9. Análisis de covarianza del número de trips en la tercera aplicación.	55
10. Resumen del análisis de varianza aplicado a la variable cuaje de frutos.	57
11. Costo de insumos utilizados.....	58
12. Costos por tratamiento.....	59

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Árbol de macadamia.	10
2. Flor de macadamia sana y sus partes. A: Pedúnculo de la flor, B: inflorescencia de 16 cm.	11
3. Inflorescencia dañada por trips e infectada con <i>Botrytis cinerea</i>	11
4. Pudrición de la raíz.	15
5. <i>P. cinnamomi</i> en tronco de planta de macadamia.	16
6. Inflorescencia de macadamia con <i>B. cinerea</i>	17
7. Perforador de la nuez <i>E. torticornis</i>	18
8. Chinche <i>Halyomorpha</i> sp. vectora de virus.	18
9. Pulgón observado en inflorescencia de finca Plantaciones Altamira.	19
10. Fruto perforado por ardilla.	19
11. Trips <i>Frankliniella occidentalis</i>	20
12. Ciclo de vida de <i>Frankliniella occidentalis</i>	23
13. Mapa de ubicación de Finca Plantaciones Altamira.	25
14. Inflorescencia previa a ser muestreada.	39
15. Individuos de trips en fondo blanco posterior al muestreo en inflorescencia.	41
16. Unidad experimental	44
17. Croquis del diseño experimental	45
18. Mezcla de productos realizada previo a la aplicación en las unidades experimentales.	46
19. Cuaje de frutos en inflorescencia marcada.	47
20. Aplicación de tratamientos en área experimental.	52
21. Porcentaje de control de trips por tratamiento.	53
22. Promedio del número de trips antes y después de las tres aplicaciones realizadas.	56
23. Cuaje de frutos observado en muestreo realizado.	57
24. Croquis de finca Plantaciones Altamira	68
25. Boleta de registro de trips	69

26. Aplicación de tratamientos con personal de finca Plantaciones Altamira.....	70
27. Muestra de trips de finca Plantaciones Altamira observado en laboratorio del CUNSUROC.....	70
28. Inflorescencia con presencia de pulgones.....	70
29. “Chicharrita”, de la familia Cicadellidae presente en muestra de inflorescencia de macadamia de finca Plantaciones Altamira.	70
30. Insecto benéfico del género Orius spp. en muestra de inflorescencia de finca Plantaciones Altamira.	70
31. Insectos del género Polyphylla spp. en inflorescencia de macadamia.....	70

RESUMEN

La investigación evaluó el uso de tres insecticidas biológicos a base de hongos entomopatógenos, los cuales fueron: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*. De la misma forma se evaluaron tres dosis de aplicación por cada bioinsecticida, las dosis fueron derivadas del rango de dosificación que recomienda el fabricante (según unidades formadoras de colonias y litros por hectárea), siendo dividida en dosis mínima, dosis media y dosis máxima. Dicha investigación se desarrolló en el sector “La Grande” de finca Plantaciones Altamira, ubicada en el municipio de San Francisco Zapotitlán, del departamento de Suchitepéquez, a una altura promedio de 1,400 metros sobre el nivel del mar.

Las variables medidas fueron tres; porcentaje de control, número de trips y cuaje de frutos. Para la medición de las mismas se realizó un muestreo previamente y uno posteriormente a cada una de las tres aplicaciones realizadas, esto para determinar cómo estaba la población de trips y como resultó después de cada tratamiento evaluado. Para realizar el muestreo se sacudió la inflorescencia de macadamia sobre una hoja de papel, luego se procedió a contar los trips que se encontraban en la hoja. Para medir la variable cuaje de frutos, se marcaron cuatro inflorescencias por árbol de macadamia, uno por punto cardinal; transcurrido 50 días se realizó el conteo para conocer el cuaje de frutos.

El tratamiento cuatro fue el que presentó el mayor control sobre las variables de respuesta; porcentaje de control de trips y cuaje de frutos. Este estuvo conformado por el bioinsecticida Beauvista 2 SC a una dosis de 2.10 litros por hectárea. El costo de aplicación de este tratamiento fue de Q1,290.56/ha. Respecto a la variable de respuesta del número de trips por inflorescencia, el tratamiento que mayor control presentó fue el tres, conformado por el insecticida biológico Vistaisaria 2 SC (*Isaria fumosorosea*) y su dosis mínima de aplicación de 1.07 litros por hectárea. El costo de aplicación de dicho tratamiento fue el más bajo respecto a los nueve evaluados, presentó un valor de Q1,120.61/ha. A pesar de que no existe significancia en ninguno de los tratamientos evaluados, los mismos sí presentaron diferencia en los resultados de porcentaje de control de trips, número de trips por inflorescencia, frutos cuajados y especialmente en

los costos por tratamiento. El objetivo principal de la investigación es reducir la población de trips *F. occidentalis* en el cultivo de Macadamia *M. integrifolia* de finca Plantaciones Altamira, utilizando productos biológicos para no generar daño a los apiarios de la finca que son responsables de la polinización.

SUMMARY

The research evaluated the use of three biological insecticides based on entomopathogenic fungi, which were: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Isaria fumosorosea*. In the same way, three application doses were evaluated for each bioinsecticide, the doses were derived from the dosage range recommended by the manufacturer (according to colony forming units and liters per hectare), being divided into minimum dose, medium dose and maximum dose. This research was carried out in the "La Grande" sector of the Plantaciones Altamira farm, located in the municipality of San Francisco Zapotitlán, in the department of Suchitepéquez, at an average height of 1,400 meters above sea level.

The variables measured were three; control percentage, number of trips and fruit setting. To measure them, a sample was taken before and one after each of the three applications carried out, this to determine how the trip population was and how it turned out after each treatment evaluated. To carry out the sampling, the macadamia inflorescence was shaken on a sheet of paper, then the trips found on the leaf were counted. To measure the variable fruit set, four inflorescences per macadamia tree were marked, one per cardinal point; After 50 days, the count was made to know the fruit set.

Treatment four was the one that presented the greatest control over the response variables; percentage of trip control and fruit set. This was made up of the bioinsecticide Beauvista 2 SC at a dose of 2.10 liters per hectare. The application cost of this treatment was Q1,290.56/ha. Regarding the response variable of the number of thrips per inflorescence, the treatment that presented the greatest control was three, made up of the biological insecticide Vistaisaria 2 SC (*Isaria fumosorosea*) and its minimum application dose of 1.07 liters per hectare. The application cost of this treatment was the lowest of the nine evaluated, with a value of Q1,120.61/ha. Although there was no significance in any of the evaluated treatments, they did show differences in the results of thrips control percentage, number of thrips per inflorescence, set fruit, and especially in the costs per treatment. The main objective of the research is to reduce the population of thrips *F. occidentalis* in the Macadamia *M. integrifolia* crop at the Plantaciones Altamira farm, using biological products to avoid causing damage to the farm's apiaries that are responsible for pollination.

I. INTRODUCCIÓN

A través del muestreo realizado en finca Plantaciones Altamira se determinó un 82% de infestación de trips *F. occidentalis* en el cultivo de Macadamia, lo cual es un porcentaje alto y perjudicial para el cultivo. Aunado a ello se consideró la presencia de abejas en el sector producto de los apiarios que posee la finca, por lo que en la investigación se evaluó el uso de tres insecticidas biológicos con tres diferentes dosis de aplicación para el control de trips *Frankliniella occidentalis* en el cultivo de Macadamia *M. integrifolia*, se determinó el insecticida biológico y la dosis con mejor efecto sobre las variables de respuesta; porcentaje de control de trips, número de trips por inflorescencia y cuaje de frutos. Aunado a ello se elaboró el costo por cada tratamiento evaluado. La presente investigación fue desarrollada en el sector “La Grande”.

Tomando en cuenta que el umbral de daño para esta especie según García & González (1994) es de 10 individuos por flor y, que el daño por trips puede repercutir en reducir hasta un 45% de la producción según Salvador citado por De León (2011), las pérdidas en la proyección de macadamia de la empresa TRANSCAFE S.A. podrían ser de hasta 11.25 libras de macadamia en concha por árbol, según proyección de la finca.

Para ejecutar la investigación se implementó un diseño bloques al azar con arreglo en franjas, se utilizaron tres productos biológicos a base de hongos entomopatógenos; *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*. Estos bioinsecticidas fueron evaluados con tres dosis diferentes cada uno, se utilizó la dosis mínima, la dosis media (promedio) y la dosis máxima, según el rango de dosificación que recomendó el fabricante Vista Volcanes. El área experimental estuvo conformada por 36 unidades experimentales, las cuales contenían cada una cuatro surcos de seis árboles, lo que fue el equivalente a 24 árboles por unidad experimental. En total se evaluaron nueve tratamientos, de los cuales se contó con un testigo relativo conformado por el producto Beauvista 2 SC de ingrediente activo *Beauveria bassiana*, a una dosis de 1.40 litros por hectárea.

Se realizaron tres aplicaciones durante el desarrollo de la investigación, cada aplicación contó con un monitoreo previo y posterior a la medición de la variable porcentaje de control y número de trips por inflorescencia. La importancia de la investigación radica en

la reducción de trips *F. occidentalis* en el cultivo de Macadamia *M. integrifolia* de finca Plantaciones Altamira, a través de la utilización de productos biológicos a base de hongos entomopatógenos para no generar daño a los apiarios de la finca.

II. JUSTIFICACIÓN

La macadamia es el cultivo principal y la mayor fuente de ingresos para la finca, sin embargo, se determinó un 82% de infestación de trips *F. occidentalis*. Actualmente no se realiza ningún manejo para controlar dicha plaga en el cultivo.

La plaga de trips *F. occidentalis* genera daño en la flor de macadamia, a su vez también es considerada como transmisora de virus, hongos y bacterias. Tomando en cuenta que el umbral de daño para *Frankliniella occidentalis* es de 10 trips por inflorescencia y que al compararlo con los resultados del muestreo realizado dicho umbral fue sobrepasado, con esta investigación se pretende controlar dicha plaga con productos biológicos, ya que la finca cuenta con apiarios que se alimentan de la flor de macadamia y que son necesarios para la polinización de los cultivos, por lo tanto los productos no deben ser nocivos para las abejas.

III. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Origen

La Macadamia es originaria de la zona subtropical de Australia en la región costera, al sur de Queensland y al norte de Nueva Gales del Sur, cuyo clima es caliente y lluvioso. Existen tres especies de macadamia: *M. tetraphylla* con cuatro hojas y concha rugosa, *M. integrifolia* con tres hojas y concha lisa y *M. ternifolia* con tres hojas, nuez amarga y pequeña. De estas tres especies, las únicas que se cultivan comercialmente son la *M. integrifolia* y la *M. tetraphylla* (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

1.2. Importancia del cultivo

La macadamia es reconocida internacionalmente como la nuez más fina del mundo. Este estatus lo logra por su alto contenido nutricional de ácidos grasos esenciales, además de que es altamente apetecida en la gastronomía y como cosmética y medicina natural. Desde el punto de vista ambiental, la macadamia también representa una opción ideal para reforestación, captura de CO₂, retención de agua y conservación de la biodiversidad (bpmesoamerica.org, 2016)

1.3. Generalidades del cultivo

La Macadamia fue descubierta en forma silvestre en 1843 por Walter Hill. En 1858, se realiza la primera descripción botánica por Ferdinand Von Mueller y la denomina Macadamia Ternifolia, en honor a su amigo el doctor John MacAdam que murió en uno de sus viajes de Australia a Nueva Zelanda. En 1958, el botánico William Bicknell Storey dio el nombre oficial de *Macadamia Integrifolia* a la variedad que tiene tres hojas y concha lisa; y *Macadamia tetraphylla* a la variedad de cuatro hojas y concha rugosa. Fue introducida en Hawaii en 1881 por William Purvis, con propósitos ornamentales y de reforestación, iniciándose la moderna e importante industria de Macadamia en las islas. Existe producción en África del Sur, Centro y Sudamérica. Su introducción a Guatemala no se puede determinar con precisión pero en el año de 1958 se introdujeron semillas de

variedades procedentes de Hawai. Estos materiales fueron manejados por el Instituto Agropecuario Nacional, Escuela de Agricultura y estación experimental de Chocó (Salazar, 2006).

La *Macadamia* es un cultivo permanente; es un árbol de origen tropical, bosques húmedos y cálidos. La vida útil de producción del árbol es de más de 60 años. Es un árbol perennifolio de gran tamaño, pertenece a la familia *proteaceae* y al género *Macadamia*, en el que están incluidas 10 especies, de las cuales *Macadamia integrifolia* es preferida por su mayor porcentaje de almendras sanas y mayor uniformidad en el tamaño del 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* más indicada para usarse como patrón debido a un mejor sistema radicular en comparación con otras especies, ya que posee árboles muy ramificados y con mayor resistencia a enfermedades. Posee una concha rugosa, grande; hojas con borde aserrado muy espinoso, con cuatro hojas por nudo, nervaduras color púrpura. Las flores son color rosado en racimos de 20 a 50 cm. (Salazar, 2006).

1.4. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de *Macadamia M. integrifolia*.

Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
Phylum	Tracheophyta
Clase	Espermatopsida
Superorden	Proteanae
Orden	Proteales
Familia	Proteaceae
Subfamilia	Grevilleoideae
Tribu	Macadamieae
Género	Macadamia
Especie	<i>Macadamia integrifolia</i>

Fuente: Salazar (2006).

1.5. Ecología del cultivo

El cultivo de *Macadamia* prospera en Guatemala en altitudes de 600 a 1,600 msnm, similares a las apropiadas para el cultivo de café. Se adapta a precipitaciones pluviales anuales de 1,000 a 4,000 mm y con niveles adecuados de insolación. En caso de contar con más de dos meses de sequía se recomienda suministrar agua a través de sistemas de riego. El viento tiene dos efectos destructivos en este cultivo, mecánico y ambiental, pues provoca doblamiento, deformación, caída de frutos inmaduros y volcamiento de árboles. Además, los vientos causan una transpiración fuerte lo que provoca deshidratación de las hojas. La macadamia se adapta desde los 14 hasta los 32 grados celsius de temperatura. Prospera en suelos franco arenosos, franco arcillosos y arcillosos, se deben evitar los que tengan mal drenaje. Se desarrolla bien en un rango de pH entre 5.5 y 7.0, Por tener sistema radicular muy superficial se necesita que los suelos sean fértiles, sueltos, bien drenados y sin capas impermeables que impidan el crecimiento normal de la raíz. Las plantaciones se desarrollan bien en pendientes no mayores de 30%. Sin embargo, en Guatemala las condiciones óptimas para el desarrollo de este cultivo se encuentran en zonas con pendientes inclinadas o quebradas, por lo que es necesario implementar sistemas de conservación de suelos como siembras en contorno, barreras vivas, terrazas en contorno, entre otros (ANACAFÉ, 2004).

1.6. Aspectos botánicos

1.6.1. Inflorescencia

La flor de la *Macadamia* es una flor perfecta. Sin embargo, la polinización cruzada en la cual intervienen las abejas como excelentes polinizadores es su mayor mecanismo de reproducción. La introducción de al menos dos variedades de *Macadamia* en una huerta ayuda a aumentar la polinización debido a los diferentes tiempos de madurez de los órganos de las flores. Las flores de la *Macadamia* se dan en racimos, los cuales contienen más de 200 flores, aunque sólo un pequeño porcentaje se convierte en nueces maduras; es decir, se pueden esperar con éxito 20 frutos maduros por racimo. La flor de macadamia se da en ramas de al menos dos años de edad. El inicio de la floración ocurre

con el acortamiento de los días y con temperaturas nocturnas de 11 a 15°C. Introducir colmenas en los cultivos durante el período de floración ayudará a aumentar hasta en un 20% el volumen de la cosecha. Las flores de macadamia son receptivas por varios días y su fertilización es lenta, con una duración de aproximadamente 48 horas (Sol, 2011).

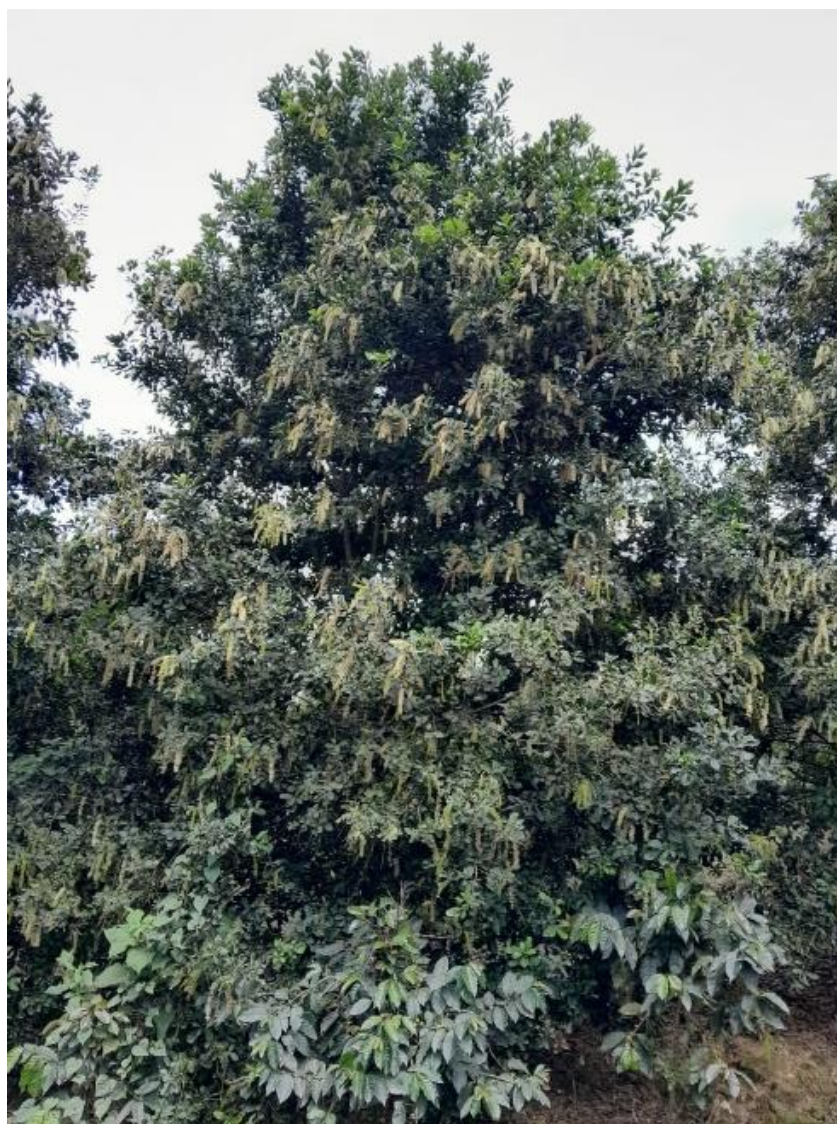


Figura 1. Árbol de macadamia.



Figura 2. Flor de macadamia sana y sus partes. A: Pedúnculo de la flor, B: inflorescencia de 16 cm.



Figura 3. Inflorescencia dañada por trips e infectada con *Botrytis cinerea*.

1.6.2. Cuaje del Fruto

El cuajado es una fase de transición del ovario desde la flor a fruto en desarrollo, y tiene lugar a los pocos días de la apertura floral. El ovario inicia su desarrollo después de la polinización y la fecundación o, en su ausencia, a través de la partenocarpia.

El cuajado depende de la posición de los ovarios, ya que aquellos mejor situados en el árbol tendrán un mayor aporte nutricional y hormonal y, por tanto, tendrán más probabilidades de cuajar.

1.6.3. Fruto

La nuez de macadamia es un fruto esférico que pertenece al grupo de los frutos conocidos como folículos. Está formado por una cáscara exterior verde, botánicamente llamada pericarpio, y en su interior se encuentra la semilla de color café llamada “concha”, famosa y respetada por su gran dureza, con excepción de las ardillas las cuales trituran la concha para alimentarse de este fruto. En la “concha” se puede observar un punto blanquecino, el micrópilo, por donde emergerá la raíz al momento de la germinación y una sutura (el hilum) que permitirá que se abra la semilla. Dentro de la semilla se encuentra el embrión formado por dos cotiledones, que es la parte comestible de la nuez conocida como almendra y de color blanco. El pericarpio puede contener más de un 45% de humedad, lo cual puede constituir el 50% del peso total de la cosecha. Esto es, si se cosecha una tonelada de nuez en cáscara, aproximadamente se está cosechando 500 kg de nuez en concha húmeda. El desarrollo de la nuez de Macadamia, desde la polinización hasta la nuez madura, es de aproximadamente 30 semanas (alrededor de siete meses); el aumento en el crecimiento de la nuez, de cuatro a siete semanas; el endurecimiento de la concha es de 14 a 15 semanas y los siguientes tres meses las nueces madurarán al convertir sus azúcares en aceite. Cuando la fruta ha madurado de manera natural, el árbol fomenta una abscisión que causa la caída de la nuez al suelo para su cosecha (Sol, 2011).

1.7. Requerimientos climáticos

Existen diferencias entre las dos especies de Macadamia en cuanto a su adaptación climática, ya que la *M. integrifolia* presenta un mejor comportamiento en climas calurosos, con alta humedad y sin grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche. La *M. tetraphylla*, soporta mejor los subtrópicos más fríos y veranos más secos con temperaturas que fluctúan entre 15-35°C. Las plantas jóvenes son muy susceptibles a ser dañadas por vientos fuertes, ya que poseen corteza blanda y un sistema radicular muy poco desarrollado. Las plantas adultas son más tolerantes a los fríos, llegando a soportar -6°C, si están bien desarrolladas, pero sólo -3°C, si la madera aún no se ha endurecido lo suficiente. (MEFCCA, 2016).

1.8. Temperatura

La temperatura es la variable climática más determinante en el crecimiento y la productividad de la macadamia. La temperatura óptima es de 16 a 25°C; períodos prolongados de exposición altas temperaturas pueden producir un estrés en el árbol que se observará en la coloración amarilla de los nuevos brotes de las hojas. Altas temperaturas mayores a 35°C en los períodos de floración pueden reducir la cosecha y causar un alto porcentaje de nueces inmaduras que se caerán durante las primeras etapas de desarrollo. La fotosíntesis se inhibe a temperaturas menores a 3°C o mayores a 33°C. Lo ideal es establecer las plantaciones en zonas libres de heladas. La temperatura también tiene influencia sobre el inicio de la floración, donde 18°C es la temperatura diurna ideal para la formación de flores y el desarrollo de nueces de alta calidad (Sol, 2011).

1.9. Altitud

El cultivo de Macadamia se puede cultivar desde una altura de 400 msnm hasta los 1,900 msnm. La altura sobre el nivel del mar tiene un efecto notable sobre la calidad y el volumen de producción, ya que los árboles de macadamia engrosan la cáscara “concha” y reducen su rendimiento a medida que aumenta la altitud de la plantación, sobre todo en variedades de *M. integrifolia* (Sol, 2011).

1.10. Precipitación

Sin la existencia de sistemas de riego, la macadamia puede cultivarse en áreas con precipitaciones mínimas anuales de 1000 mm bien distribuidos a lo largo del año. El riego puede suplir las deficiencias de precipitación en algunas zonas; sin embargo, es difícil lograrlo al 100%. Es muy importante que los árboles jóvenes tengan humedad en el suelo en temporada de sequía, ya que esto ayudará a comenzar con su período de floración y fructificación en menor tiempo. Los períodos más críticos para las necesidades de riego son desde la floración hasta el desarrollo de la nuez y la formación de aceites en árboles maduros. Las altas temperaturas acompañadas de viento reducen la humedad ambiental provocando que en temporada de floración se reduzca la polinización; en este caso, se recomienda instalar definitivamente un sistema de riego (Sol, 2011).

1.11. Manejo agronómico

1.11.1. Podas

Sol (2011) reporta que la forma de los árboles incide directamente sobre su resistencia al viento, su precocidad de producción, su vigor, en el número de ramas productoras de flores que a su vez darán frutos y en su período de producción. Los años formativos del árbol de macadamia son los primeros 3 o 4 años. Durante estos primeros años, es importante que el árbol construya una estructura fuerte tanto de la copa como en sus raíces, para que pueda dar y sostener su cosecha. A las primeras podas que debe recibir el árbol se les conoce como podas formativas. Este tipo de podas puede realizarse inmediatamente después de plantar, haciendo un corte a partir de los 70 u 80 cm de altura de la planta para estimular el crecimiento de ramas laterales. Todas las ramas que crezcan debajo de estos 70 u 80 cm deberán ser eliminadas para asegurar que las ramas que se desarrollarán sobre el injerto formen el primer nivel o piso de ramas.

Tan pronto se desarrollen las nuevas ramas laterales después de la poda, se definirá una de las ramas como la rama central o líder y cada 30 cm aproximadamente se repetirá esta poda para dar los diferentes niveles de pisos en el árbol de macadamia.

1.11.2. Control de malezas

Es fundamental en el cultivo de Macadamia, especialmente en el diámetro que abarca el follaje de la planta, el cual es utilizado para la recolección del fruto al momento de la cosecha.

Se han realizado investigaciones en los cuales se ha comprobado la relación de los trips con las malezas del entorno a los cultivos que ataca. En una investigación realizada en el altiplano mexicano, se comprobó diferencias significativas para la presencia de trips entre siete diferentes familias hospederas, de las cuales se encontraron 34 especies de malezas. Las familias determinadas fueron las siguientes: Asteraceae, Malvaceae, Amaranthaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae y Poaceae

La comparación de medias indicó la asociación entre *F. occidentalis* y las familias de maleza bajo estudio, la cual afirmó que hay mayor incidencia de trips en la familia Asteraceae. La mayoría de las especies de esta familia presentaron órganos florales, lo

cual lleva a dilucidar que optaron a esta familia debido a que los trips prefieren desarrollarse en la vegetación de su entorno que les proporcione polen y néctar necesarios (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 2013).

1.11.3. Enfermedades

Entre las enfermedades más importantes en este cultivo se destacan las siguientes:

- **Pudrición de la raíz *Phytophthora* sp.**

La pudrición de la raíz, causada por *Phytophthora* sp. Otra enfermedad es la causada por el hongo *Botrydiplodia*, el cual ataca las ramas terminales produciendo la seca de la rama, que hay que podar y pincelear con pasta bordelesa, luego se debe realizar una sanitación (Armadans, 2006).



Figura 4. Pudrición de la raíz.
Fuente: Plantix (2023).

- **Chancros del tallo *Phytophthora cinnamomi***

La enfermedad causa problemas en suelos compactos, las lesiones se presentan en la corteza, en forma de agrietamiento, con exudación gomosa. Los síntomas avanzados se presentan como un estriamiento del tronco, con áreas irregulares de corteza muerta, descendente y poco desarrollo del árbol. Se recomienda sembrar en suelos bien drenados y evitar herir el tronco. En caso de ataque de la enfermedad, eliminar el tejido enfermo y proteger el corte con pasta bordelesa o aplicar el fungicida metalaxyl (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).



Figura 5. *P. cinnamomi* en tronco de planta de macadamia.

- **Tizón de la flor**

Esta enfermedad es comúnmente llamada, “destrozo del racimo, destrozo de la flor, moho gris o pudrición gris”. Su agente causal, es el hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*, Sclerotiniaceae. La enfermedad es llamada así, porque bajo condiciones de humedad,

el hongo produce una capa fructífera de moho gris sobre los tejidos afectados (Baraona y Sancho citado por Coloma, 2015)



Figura 6. Inflorescencia de macadamia con *B. cinerea*.

1.11.4. Plagas

- **Perforador de la nuez *Ecdytolopha torticornis***

Se considera como la plaga insectil más importante en ciertas áreas productoras de macadamia del país. En primer lugar, ocasiona gran reducción de los rendimientos, debido a que ataca principalmente aquellas nueces que empiezan a desarrollar altos niveles de infestación, atacando también a nueces con cáscara dura. En segundo lugar, las perforaciones que ocasiona la plaga las aprovechan otros insectos como puerta de entrada, o por microorganismos patógenos como hongos y bacterias (Miranda, 2003).



Figura 7. Perforador de la nuez *E. torticornis*.

- **Chinche *Halyomorpha* sp.**

Se conocen registros de esta chinche *Halyomorpha* sp. atacando frutos de *Macadamia integrifolia* a los que transmite el hongo *Nemastophora corily*, principal patógeno de las almendras (Castillo, Sernaqué, & Purizaga, 2020).



Figura 8. Chinche *Halyomorpha* sp. vectora de virus.

Fuente: Schulz (2017)

- **Áfidos**

Se han realizado estudios en los que sea detectado a *Toxoptera aurantii* afectando árboles de macadamia. Luego de su identificación taxonómica, se detectaron enemigos naturales y fluctuaciones de los diferentes instares en correspondencia con las precipitaciones mensuales. Se ha detectado al cultivo de macadamia como un hospedero natural de *T. aurantii* (Pérez & Luis, 2014).



Figura 9. Pulgón observado en inflorescencia de finca Plantaciones Altamira.

- **Roedores**

Los roedores que causan más daño son las ardillas y las ratas. Estos animales hacen un orificio en la nuez, se comen la almendra y además causan la caída de frutos. El combate se puede realizar con rodenticidas comerciales o con cebos de warfarina con almendras de macadamia (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).



Figura 10. Fruto perforado por ardilla.

- **Trips**

Los trips son pequeños insectos pertenecientes al orden Thysanoptera, muchos de los cuales son plagas y representan una gran preocupación en la agricultura. Estos insectos al alimentarse de las plantas, causan daño en los tejidos vegetales dejando como resultado manchas grisáceas o plateadas, características de tejido vegetal muerto. Además, las partes afectadas comienzan a deformarse al desarrollarse la planta (hojas esqueletizadas), lo cual es especialmente importante en flores, frutos y en órganos vegetales que tienen valor comercial. Los trips tienen un efecto muy dañino en las características organolépticas que son muy importantes en los vegetales y frutas. Entre los representantes de estos insectos están *Frankliniella occidentalis* (Molinatti, 2021).



Figura 11. Trips *Frankliniella occidentalis*.

A. Características de los Trips *F. occidentalis*

Los huevos son hialinos y reniformes, con una longitud de 200 µm. Las larvas neonatas son blanquecinas y miden alrededor de 400 µm, mientras que las larvas de segundo estadio son amarillas y alcanzan una longitud de 1 mm. Las proninfas son blancas y las ninfas ligeramente amarillas; en ambas se distinguen los esbozos alares y los caracteres sexuales (hembras de mayor tamaño y con el extremo del abdomen apuntado y redondeado). Los individuos adultos miden de 1,2 a 1,6 mm las hembras y de 0,8 a 0,9 mm los machos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2011).

B. Especies de *Frankliniella*

Los trips poseen gran variedad de especies, a continuación, se mencionan algunas de ellas: *Frankliniella graminis* Cavalleri & Mound, colectado sobre *Sorghum halepense*; *Frankliniella otites* Berzosa & Maroto, sobre flores de *Senecio* spp. y *Verbena seriphioides*; y *Frankliniella williamsi* Hood sobre hojas de *Zea* maíz “maíz”. También son proporcionados nuevos hospedadores para *Frankliniella gracilis*. Se incluyen notas sobre cada especie. *Frankliniella cognata* Hood (De Borbón, Especies del género *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) registradas en la Argentina, una actualización, 2013).

C. Daño de los Trips *F. occidentalis*

Los daños directos son los debidos a picaduras alimentarias y a los efectos de la puesta. La alimentación de los adultos y las larvas produce la decoloración del tejido afectado. Se observan placas inicialmente plateadas y más tarde marrones, de tamaño variable y contorno irregular pero bien definido. La presencia en estas manchas de pequeños puntos de color verde oscuro correspondientes a depósitos de líquido fecal permite distinguirlas de las causadas por ácaros. Cuando las picaduras se realizan en tejidos jóvenes u órganos en crecimiento provocan deformaciones o distorsiones, y en los órganos florales originan aborto o desecación y caída. La ovoposición produce pequeños cráteres o verrugas en el tejido, pudiéndose observar un halo blanquecino alrededor. Los daños indirectos son debidos, por un lado, a la infección de hongos y bacterias causantes de podredumbres a través de las heridas producidas por las picaduras alimentarias y por

las puestas, y por otro, por actuar como transmisor de virus (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2011).

D. Descripción de los estados de vida de *F. occidentalis*

a. Huevo

De forma reniforme, sin micrópilo y de color blanquecino. El tamaño recién ovipositado es de 0.27 mm de largo por 0.11 mm de ancho. La hembra pone los huevos dentro del tejido vegetal donde se lleva a cabo la incubación, al tercer día aparecen las manchas oculares de color rojo y entre el cuarto y quinto día emergen las ninfas del primer instar.

b. Segundo Instar ninfal

El cuerpo es de color amarillo claro; en este estado ya se observa una diferenciación sexual aparente, los machos son más pequeños y delgados que las hembras; al final de este estado alcanzan el tamaño del adulto aunque la cabeza es muy pequeña con relación al tamaño del cuerpo. La longitud del cuerpo de la hembra es de 1.33 mm, mientras que la longitud del cuerpo del macho es de 1.02 mm aproximadamente. No presenta ocelos ni ojos compuestos y el pigmento ocelar es de color rojo. Presenta cinco segmentos antenales con unas pocas setas. El cono bucal más esclerotizado que las otras partes de la cabeza y tiene gran actividad alimenticia. Este estado dura entre 5-8 días en condiciones de laboratorio.

c. Prepupa

Es poco móvil, no tiene actividad alimenticia y el cono bucal es membranoso, la cabeza alcanza el tamaño de la del adulto, presenta cinco segmentos antenales poco diferenciados cubiertos por una membrana de color blanquecino, no presenta omatidios en sus ojos y el pigmento ocelar es rojo, no presenta ocelos. Tiene un par de alas cubiertas por una membrana blanquecina. Presenta suturas que separan las diferentes partes del cuerpo. (Cárdenas & Corredor, 1989)

d. Adulto

La hembra presenta la cabeza y el protórax de color amarillo, el protórax de color anaranjado y el abdomen amarillo claro con manchas de color café oscuras sobre la parte posterior. Los machos son más pequeños que las hembras. Característica de esta especie son sus setas interocelares cuya longitud va más allá de cada ojo compuesto, también sus setas fuertes antero y postero marginales del protórax. La hembra alcanza una longitud de 1.7 mm aproximadamente, el estado de adulto tiene una larga vida. En condiciones de laboratorio fue de 60 a 121 días (Cardenas & Corredor, 1989).

E. Ciclo de Vida

El ciclo de vida de los trips *F. occidentalis* empieza con el huevo, el cual tarda de cuatro a cinco días, posteriormente sigue el estado de ninfa en primer instar, el cual tarda de tres a cuatro días. El segundo instar de ninfa tiene una duración de cinco a ocho días, la prepupa dura entre cuatro a ocho días, la pupa dura entre tres a cinco días y el último estado, el cuál es la longevidad del adulto tarda entre 60 y 121 días (Cardenas & Corredor, 1989).

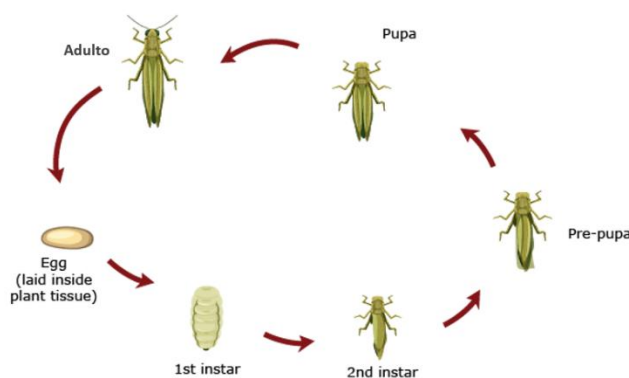


Figura 12. Ciclo de vida de *Frankliniella occidentalis*.

Fuente: Lezaun (2024).

1.12. Diseño y análisis de covarianza

Ronald Fisher en 1932 desarrolló una técnica conocida como Análisis de Covarianza, que combina el Análisis de Regresión con el Análisis de Varianza. Covarianza significa

variación simultánea de dos variables que se asume están influyendo sobre la variable respuesta. En este caso se tiene la variable independiente tratamientos y otra variable que no es efecto de tratamientos pero que influye en la variable de respuesta, llamada a menudo covariable.

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. Por ejemplo: número de plantas por unidad experimental, pesos iniciales en animales, grado de infestación de garrapatas, días de lactancia o edad de destete, etc.; pueden ser covariables que influyan en el resultado final y cuyo efecto de regresión sobre la variable respuesta el investigador desea eliminar, ajustando las medias de tratamientos a una media común de X. En este análisis se asume que la variable dependiente Y está asociada en forma lineal con la variable independiente X, existiendo homogeneidad de pendientes (López Bautista y González Ramírez, 2014).

1.13. Insecticida biológico

Un insecticida biológico está formulado a base de bacterias, virus, hongos y otros microorganismos que atacan a los insectos. Los patógenos naturales suelen ser muy importantes para prevenir la aparición de plagas. Se han desarrollado y comercializado algunos insecticidas biológicos para el control de plagas en los cultivos de campo. Un insecticida biológico tiene la ventaja de ser altamente selectivo y, por tanto, seguro para el medio ambiente y los organismos no objetivo (Futureco Bioscience, 2022).

1.14. Mayor control

El término mayor control utilizado en el presente documento hace referencia al insecticida biológico y dosis de aplicación del mismo producto que alcanzaron los índices de reducción más altos de la plaga de trips. Por lo tanto, en la variable número de trips, el término hace referencia al bioinsecticida y dosis de aplicación que más trips eliminaron posteriormente a las aplicaciones realizadas. Esto fue corroborado a través de los muestreos que se realizaron antes y después de cada aplicación.

1.15. Dosis de insecticidas biológicos

Los bioinsecticidas evaluados en la presente investigación fueron los siguientes; Beauvista 2 SC, Metavista 2 SC y Vistaisaria 2 SC. formulados a base de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*, respectivamente. Los tres productos biológicos presentan dosificación diferente, por lo que se evaluaron tres dosis por cada uno de los productos. Dentro del rango propuesto por la casa comercial formuladora (Vista Volcanes) se utilizó la dosis mínima, la dosis media y la dosis máxima de cada producto.

1.16. Costos

Los costos por cada tratamiento fueron realizados a través de la cotización hasta la fecha actual de los materiales necesarios para la ejecución de la investigación, entre los cuales se destacan los bioinsecticidas utilizados, los jornales, la parihuela utilizada para aplicar los productos, combustible tipo gasolina, aceite de dos tiempos, toneles y agua.

2. Marco Referencial

2.1. Ubicación geográfica de finca Plantaciones Altamira

Finca Plantaciones Altamira forma parte de la empresa TRANSFAE S.A. Se encuentra ubicada en el municipio de San Francisco Zapotitlán, del departamento de Suchitepéquez en las coordenadas geográficas 14°39'46.11"N, 91°30'28.14"W, a una altura promedio de 1,400 msnm.

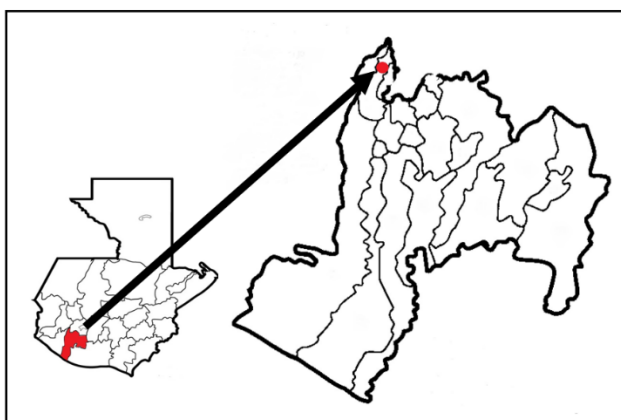


Figura 13. Mapa de ubicación de Finca Plantaciones Altamira.

Fuente: Mi Blog Chapin (2009).

Como se observa en la figura 13, finca Plantaciones Altamira se encuentra en la parte norte del municipio de San Francisco Zapotitlán, del departamento de Suchitepéquez.

2.2. Extensión, límites y vías de acceso

Finca Plantaciones Altamira posee una extensión de 404.17 ha de las cuales 234.12 ha son cultivables, el resto forma parte de una reserva natural privada propia de la misma. Colinda al norte con el volcán Santo Tomás, al sur con finca Las Elviras y finca San Pablo, al este con finca Las Nubes y al oeste con el municipio de Pueblo Nuevo, Suchitepéquez.

La vía de acceso principal para finca plantaciones Altamira es por cantón Las Rosas, del municipio de Pueblo Nuevo, Suchitepéquez. Para llegar hasta la finca en mención se debe transitar primeramente por finca París y Joven Francia, seguidamente por finca Las Elviras. El acceso desde cantón Las Rosas hasta la finca plantaciones Altamira es empedrado el cual es transitable todo el año, con un total de 5.77 kilómetros de recorrido. Otro de los accesos es por finca Santa Cecilia, son 7.45 kilómetros en los cuales se debe transitar por finca Las Elviras para posteriormente llegar a finca plantaciones Altamira. También se puede ingresar por finca Las Margaritas del municipio de San Francisco Zapotitlán, son 5.8 kilómetros entre terracería y empedrado, de la misma forma se debe pasar por finca Las Elviras para llegar hasta la finca destino, el camino es transitable todo el año.

Como otra opción se tiene la vía de acceso por el municipio de Zunilito Suchitepéquez, el cual tiene un recorrido de 9.83 kilómetros desde el parque central hasta el casco de la finca. Se debe llegar a aldea San Lorencito, luego hacia finca Las Nubes, para posteriormente llegar a finca plantaciones Altamira, el camino es de difícil acceso durante los meses de mayo a noviembre (J. Torres, comunicación personal, marzo de 2024).

2.3. Clima

El clima de finca Plantaciones Altamira es 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 promedio de 5,231 mm (Cuá, 2015).

2.4. Zona de vida

Cuá (2015) reporta que la zona de vida en la cual se encuentra finca Plantaciones Altamira es Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) (10).

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 (Cuá, 2015).

2.6. Hidrografía

Finca Plantaciones Altamira cuenta con el paso del río Negro y el río Sis, asimismo cuenta con nacimientos los cuales abastecen a la ranchería de la finca con el vital líquido (J. Torres, comunicación personal, marzo de 2024).

2.7. Insecticidas a evaluar en la investigación

1. Beauvista 2SC

Vista Volcanes (2022), afirma que es un insecticida biológico a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, posee una concentración de 5.0×10^{12} UFC por litro comercial. Las dosis a utilizar serán de 1.4 L/ha, 2.1 L/ha y 2.8 L/ha, lo que quiere decir que se utilizará una concentración de 7×10^{12} , 10.5×10^{12} y 14×10^{12} respectivamente. Este producto es recomendable para el control de las siguientes plagas: Trips, Mosca blanca, Grillos, Picudo, Chicharritas, Broca del café, entre otros.

La aplicación se realiza de forma directa al follaje (Vista Volcanes, 2022).

Ingrediente activo

Beauveria bassiana es un hongo entomopatógeno que, en la actualidad, se utiliza como insecticida biológico por su eficacia contra numerosas plagas en una amplia variedad de cultivos de gran importancia, como frutales, cítricos y hortalizas. Trips, mosca blanca, pulgones, psila, ácaros, etc., son algunos de los insectos plaga que puede combatir este hongo (Certis Belchim, 2022).

El modo de ataque de este hongo es a través del contacto inicial en el momento en que la espora (conidio) del hongo es depositada en la superficie del insecto. Es lo que se conoce como fase de adhesión. Posteriormente, se inicia en el hongo el desarrollo del tubo germinativo y un órgano sujetador (apresorio), que le permite fijarse a la superficie del insecto. A este proceso se le conoce como germinación (Certis Belchim, 2022).

Luego de ello tiene lugar la fase de penetración, que consiste en la introducción del hongo en el insecto, a través de sus partes blandas, mediante una combinación de mecanismos físicos y químicos. Una vez dentro del hospedante, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades, produciéndose así su invasión a todos los tejidos. Esta primera etapa de la acción, conocida como fase parasítica, finaliza con la muerte del insecto (Certis Belchim, 2022).

2. Metavista 2SC

Vista Volcanes (2022), afirma que Metavista 2 SC es un insecticida biológico que posee como ingrediente activo al hongo benéfico *Metarhizium anisopliae*, dicho ingrediente activo se encuentra a una concentración de 5.0×10^{12} UFC/L. Las dosis a utilizar serán de 1.5 L/ha, 2.0 L/ha y 2.5 L/ha, lo que quiere decir que se utilizará una concentración de 7.5×10^{12} , 10×10^{12} y 12.5×10^{12} respectivamente.

Este insecticida controla plagas como Gallina ciega, gusano cortador, chinches, grillos, entre otros. Posee dos métodos de aplicación, al suelo y al follaje (Vista Volcanes, 2022).

Ingrediente activo

Metarhizium anisopliae es un hongo que actúa controlando casi en un 100% a más de 300 especies de insectos, entre ellos: mosquita blanca *Bemisia tabaci*, Trips, gallina ciega *Phyllophaga* sp., palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L., lepidópteros en general, araña roja *Tetranychus urticae*. Infecta todas las etapas de los insectos, incluyendo los huevos, larvas, pupas, ninfas (Sanidad Vegetal de Caborca, 2021).

Las esporas se pegan en los insectos de cutícula germinando y penetran en el cuerpo del insecto, la mortalidad por cualquier causa es a través de una combinación de sustancias químicas, la pérdida de agua y la pérdida de nutrientes. El cuerpo del insecto

en última instancia, se cubre con micelio y esporas de color verde, que pueden llegar a dispersarse y causar infecciones posteriores. Ciertas toxinas llamadas destruxinas producidas por este hongo también causan la mortalidad de los insectos (Sanidad Vegetal de Caborca, 2021).

3. Vistaisaria 2SC

Según Vista Volcanes (2022), Vistaisaria 2 SC es un bioinsecticida a base del hongo benéfico *Isaria fumosorosea*, posee una concentración de 5×10^{12} UFC/L. Es un insecticida biológico creado para el control de Trips, Mosca blanca, Áfidos, Araña roja, *Plutella xylostella*, entre otros. Su aplicación es directamente al follaje de la planta. Las dosis a utilizar serán de 1.07 L/ha, 1.43 L/ha y 1.79 L/ha, lo que quiere decir que se utilizará una concentración de 5.35×10^{12} , 7.15×10^{12} y 8.95×10^{12} respectivamente.

Ingrediente activo

Isaria fumosorosea (especie) también denominado *Paecilomyces fumosoroseus* es un hongo entomopatógeno que afecta diferentes órdenes de insectos como son: Acarí, Coleóptera, Díptera, Hemíptera y entre ellas el orden Hymenoptera al cual pertenecen los trips (Hernández, 2019).

El mecanismo de acción de este hongo (por contacto) destaca la producción de enzimas principalmente quitinasas, quitobiasas, proteasas, lipasas y lipooxigenasa. Estas enzimas provocan la degradación de la cutícula del insecto y ayudan en el proceso de penetración (Hernández, 2019).

2.8. Modo de acción de los bioinsecticidas

Los productos evaluados son fabricados a base de hongos entomopatógenos. el modo de acción de los tres productos evaluados es similares. Las horas de aplicación de los productos evaluados son recomendadas al inicio del día, realizar aplicaciones en horarios cercanos a medio día o en la tarde no son aconsejables, ya que al medio día se genera un aumento de temperatura en el ambiente producto de los rayos del sol, los cuales pueden generar daño en la floración producto de la evaporización del agua (medio utilizado para aplicación de bioinsecticidas). En la tarde tampoco es recomendable

aplicar debido a que según la ubicación geográfica, puede ser muy probable una precipitación pluvial, especialmente durante la época lluviosa.

El insecticida es distribuido a través de las dosis de aplicación recomendadas. A pesar de que los productos utilizados no están reportados como nocivos para las abejas (con las cuales cuenta finca Plantaciones Altamira), un exceso de producto con sobredosificaciones no recomendadas por los fabricantes, podría dar espacio a la infección del hongo a especies de insectos benéficos, las cuales se verían perjudicadas. Es importante realizar la aplicación de los productos con base a la calibración de los equipos que se tengan disponible para ejecutar una aspersión, ya que no todas las unidades productivas cuentan con un estándar de cantidad de agua para las aplicaciones, algunos utilizan más agua que otros, esto derivado de factores propios de cada empresa.

A continuación se menciona el efecto que generaron los productos utilizados sobre los trips.

2.8.1. *Beauveria bassiana*

B. bassiana atacó a los trips desde que los conidios del hongo son depositados en la superficie del insecto, a este proceso se le conoce como fase de adhesión. Es importante resaltar que las tres dosis evaluadas de Beauvista 2 SC contienen 7×10^{12} , 10.5×10^{12} y 14×10^{12} respectivamente, de unidades formadoras de colonias. Luego de la adhesión inició el desarrollo del hongo en el tubo germinativo de los trips, proceso al cual se le denomina germinación, luego el hongo penetró al trips a través de la fase de penetración. Al estar dentro, inició la ramificación del hongo entomopatógeno sobre las estructuras del trips colonizando sus cavidades, de esta forma es como el hongo invade el interior del insecto. La penúltima fase desarrollada por el hongo fue la parasítica, la cual consistió en la muerte del insecto por inanición. La última fase fue la saprofítica, la cual consiste en la multiplicación del hongo entomopatógeno sobre los tejidos del trips muerto, dando lugar a que se reinicie el proceso de contaminación con otro individuo diferente (Certis Belchim, 2022).

2.8.2. *Metarhizium anisopliae*

M. anisopliae combate a los trips a través de la penetración sobre la cutícula del insecto, para proceder posteriormente a la colonización interna. El modo de acción de Metavista 2 SC fue a través de infectar a los trips que entraron en contacto con el producto, posteriormente las esporas del hongo entomopatógeno se adhirieron a la cutícula del insecto degradándola para poder germinar y crecer, luego interviene la fase de penetración del exoesqueleto del trips ingresando hacia el interior y causando la muerte del insecto. También este producto generó un efecto de crecimiento saprófito sobre el trips muerto, emergiendo sobre el cadáver generando esporulación del hongo (Pavone, 2021).

2.8.3. *Isaria fumosorosea*

I. fumosorosea fue efectivo contra los trips a través del contacto del hongo contra el insecto, entrando en competencia con la micro flora cuticular del mismo, este encuentro produjo un tubo germinativo que atravesó el tegumento del trips y ramificando los tejidos del individuo internamente, para finalmente secretar toxinas que provocaron la muerte del hospedante derivado de una pérdida de movilidad y apetito hasta llegar a la inanición. El hongo también puede entrar en contacto con el insecto, después de que este último transite por sustratos donde *I. fumosorosea* ha colonizado (Caballero Echeverría, 2021).

2.9. Resultados de investigaciones realizadas con anterioridad dentro o fuera del país relacionadas a Trips *Frankliniella occidentalis*.

2.9.1. Evaluación de la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de trips *Frankliniella occidentalis* en rosas.

Fernández (2020) evaluó en la empresa ROSADEX S.A., ubicada en el cantón Cayambe en la provincia de Pichincha en Ecuador, el efecto de la aplicación de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* y un aislamiento de *Metarhizium anisopliae* bajo tres dosis, para el control de trips (*Frankliniella occidentalis*) en el cultivo de rosas. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 3 + 3, con

tres observaciones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: cinética de crecimiento en un sistema de producción bifásica, porcentaje de mortalidad, porcentaje de botones no afectados por trips, y porcentaje de infestación. Los principales resultados indicaron que, los dos géneros (*Beauveria* y *Metarhizium*) alcanzaron estándares de producto terminado a los 19,7 días después de la inoculación (pureza 100 %, viabilidad ≥ 90 %, y concentración $>10^7$ UFC/g). Adicionalmente, el aislamiento 1 de *B. bassiana* en las dos dosis (1 y 10 gr/litro de agua), alcanzaron el mejor porcentaje de mortalidad con un 73,53 y 69,01 %, respectivamente, en comparación de *M. anisopliae* que alcanzó un porcentaje de mortalidad del 24,53 %.

2.9.2. Efectos letales de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y dos extractos vegetales sobre *Frankliniella occidentalis* y *Gaeolaelaps aculeifer*.

Frankliniella occidentalis es considerado una plaga de alto interés en el sector de flores de corte para Colombia. En búsqueda de soluciones complementarias, se evaluaron en condiciones *in vitro* los efectos de los hongos entomopatógenos de una cepa de *B. bassiana* y una cepa de *M. anisopliae* y los extractos vegetales de *A. indica* y *R. graveolens* sobre estados pupales del organismo plaga y un potencial controlador, *G. aculeifer*. Se observó que los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* tuvieron efectos de control sobre estados pupales de *F. occidentalis* con porcentajes de mortalidad de 76,9% y 56,0%, respectivamente. En cuanto a los extractos vegetales de *A. indica* y de *R. graveolens* se obtuvieron porcentajes de mortalidad de 44,9% y 78,9 %, respectivamente. En el caso de *G. aculeifer*, se observó una mortalidad inferior a 20% cuando la aplicación de los entomopatógenos y extractos vegetales se realizó individualmente sobre la superficie y transfirieron los estadios móviles posteriormente. Cuando la aplicación se realizó directamente (contacto directo), se observó una mortalidad inferior a 50% de los estadios móviles en los tratamientos con hongos entomopatógenos y el extracto vegetal de *R. graveolens*. En cuanto a efectos sobre la eclosión de huevos de *G. aculeifer* se encontró que el menor porcentaje se halló en el tratamiento de extracto de *R. graveolens* con un 75% respecto a valores testigo superiores al 90% de eclosión. Pese a que en el extracto de *A. indica* se observó una

mortalidad de 77,9% en adultos de *G. aculeifer*, no es considerado como incompatible pues sobre otros estados presenta valores de mortalidad menores al 50%. Se concluye que los hongos entomopatógenos y los extractos vegetales evaluados no son incompatibles con el depredador *G. aculeifer* en condiciones de laboratorio y, por lo tanto, pueden ser considerados para futuras evaluaciones de estrategias de manejo integrado de *F. occidentalis* (Páez, 2021).

2.9.3. El uso de agentes biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* en el cultivo de pepino *Cucumis sativus* L.

Frankliniella occidentalis es considerada una de las plagas más importantes en el cultivo de pepino. El uso de controladores biológicos para el control de plagas ha incrementado en la industria agrícola. Los objetivos de este estudio fueron evaluar la eficacia de los hongos *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* y los depredadores *Neoseiulus cucumeris* y *Orius insidiosus*, y determinar la dosis óptima de los hongos entomopatógenos y la cantidad de depredadores para el control de trips. Se determinó la población inicial de trips antes de aplicación de los tratamientos y a los tres, siete, diez, 14, 17 y 21 días. Para el muestreo se tomó una hoja de cada tercio de la planta y se contabilizó la presencia de trips. Para ambos estudios se usó un Diseño Completo al Azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, cada unidad experimental constó de cuatro plantas infestadas con trips. Se utilizó un análisis de variancia y una separación de medias con el método Duncan con un nivel de significancia $P \leq 0.05$. No se encontraron diferencias significativas al final del estudio entre los tratamientos para el control de adultos de *F. occidentalis*. En los dos ensayos, los mayores porcentajes de mortalidad de la población se obtuvieron con el tratamiento de 50 *N. cucumeris*/planta con un 92.17% de control y el tratamiento de *B. bassiana* 1×10^{12} con un 75.84% de control, sin embargo, no presentaron diferencias significativas a los demás tratamientos (Mendoza, 2019).

2.9.4. Estudio de los thrips (*Frankliniella occidentalis*) asociados a la nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia* Mueller), en finca Monte de Oro Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.

La nuez de Macadamia es uno de los cultivos con mucho potencial para ser desarrollado en Guatemala. Sin embargo, la poca información que se tiene sobre la presencia de plagas que le afectan en el país, es escasa y casi nula, de manera que cualquier aporte que se haga es vital para implementar prácticas de manejo con mayor criterio científico. En la finca Monte de oro, en Santiago Atitlán en el departamento de Sololá, Guatemala, C.A. El principal problema que afronta este cultivo está relacionado con la presencia de trips (Orden Thysanóptera), cuyas altas poblaciones afecta la floración de éste cultivo, debido a lo cual, se planteó como objetivo determinar la o las especies de trips que se encontraran asociadas a la floración, así como la preferencia que éstos manifiestan por determinado estrato y orientación de los árboles en producción. Se concluyó que la especie de trips presente en la finca, correspondió a *Frankliniella occidentalis*, cuya preferencia de alimentación ocurre en mas del 55% en las inflorescencias localizadas en el estrato bajo de los árboles (De León J. , 2011).

2.10. Método del golpeo

Según Amaya, Varón & Floriano (2012), para muestrear trips se puede utilizar el procedimiento de golpeo, el cual consiste en sacudir tres veces cada una de las flores sobre una cartulina de color blanca, posteriormente se deben contar los trips presentes sobre la base blanca.

IV. OBJETIVOS

General

- Evaluar tres insecticidas biológicos y tres dosis de aplicación para el control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de Macadamia *M. integrifolia* en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

Específicos

1. Determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan mayor control de trips *F. occidentalis*.
2. Determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan el mayor cuaje de frutos.
3. Comprobar si existe interacción entre la dosis de aplicación y los insecticidas biológicos.
4. Elaborar el costo de cada tratamiento a evaluar en el control de trips *F. occidentalis*.

V. HIPÓTESIS

Hipótesis Nulas

- Ho. 1 Los bioinsecticidas evaluados producirán el mismo efecto sobre las variables de respuesta.
- Ho. 2 Las dosis de aplicación de los bioinsecticidas evaluados producirán el mismo efecto sobre las variables de respuesta.
- Ho. 3 No existirá interacción entre las dosis de aplicación y los bioinsecticidas sobre las variables de respuesta.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1. Recursos Humanos

5 jornales

1 estudiante EPSAT

1.2. Recursos Físicos

11 L de Bioinsecticida Beauvista 2 SC

10 L de Bioinsecticida Metavista 2 SC

7 L de Bioinsecticida Vistaisaria 2 SC

1,370 galones de agua

1 caneca de cinco galones

1 parihuela con sus accesorios

1 probeta de 1000 ml

6 toneles plásticos de 200 L

9 nylon de diferentes colores

1 libreta de campo

1 boleta para evaluar

1 lápiz

3 lapiceros

1 computadora

1 teléfono celular

1 cámara fotográfica

1.3. Recursos Financieros

Los gastos de la investigación fueron cubiertos por finca Plantaciones Altamira (TRANSCAFÉ S.A.).

2. Metodología

1. Para determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan mayor control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de macadamia, se procedió de la siguiente forma:

1.1. Descripción

- Para calcular el porcentaje de control de trips *F. occidentalis*, inicialmente se estableció un diseño bloques al azar con arreglo en franjas. Se evaluaron tres bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana* (Beauvista 2 SC), *Metarhizium anisopliae* (Metavista 2 SC) e *Isaria fumosorosea* (Vistaisaria 2 SC) con tres dosis de aplicación por cada producto según el rango de aplicación recomendado (dosis mínima, dosis media y dosis máxima).
- El diseño experimental se desarrolló en el sector “La Grande” de finca Plantaciones Altamira.
- Previo a las aplicaciones se realizó un muestreo a la flor de Macadamia a través del método del golpeo, el cual consistió en golpear la flor de dicho cultivo contra una base blanca para contar el número de trips presentes en la flor. Posterior a la aplicación se realizó otro muestreo para conocer la población de trips resultante del producto utilizado. En total se realizaron seis muestreos (tres anteriores y tres posteriores) divididos en tres aplicaciones, el previo se realizó un día antes de la aplicación y el posterior se realizó cinco días después de la aplicación.
- Para muestrear se eligieron cuatro flores (una por punto cardinal) de la parte baja del árbol de Macadamia. La aplicación fue realizada en todo el árbol a través de parihuela de motor.
- El muestreo se realizó únicamente en la parcela neta de la unidad experimental, la cual estuvo conformada por ocho árboles, lo que equivale a 32 flores muestreadas por unidad experimental.
- Los valores obtenidos en cada muestreo fueron anotados en campo en la boleta de registro de datos y posteriormente transferidos a una hoja de cálculo en excel. Cada muestreo realizado fue graficado para su análisis comparativo respecto a los tratamientos evaluados.

1.2. Variables

- Porcentaje de control de trips *F. occidentalis*.

1.3. Modo de análisis

- Para calcular el porcentaje de control de trips se realizó la resta del número de trips previo a las aplicaciones menos el número de trips posterior a las aplicaciones, luego se dividió el resultado entre el número de trips previo a las aplicaciones y se multiplicó por 100, de esta forma se obtuvo el porcentaje de control.
- A continuación se indica la fórmula utilizada:
- $$\text{Porcentaje de control} = \frac{(\text{Trips previo a la aplicación} - \text{Trips posterior a la aplicación})}{\text{Trips previo a la aplicación}} * 100$$
- Posterior a la recopilación de los datos se realizó el análisis estadístico, en los cuales los resultados tabulados en una hoja electrónica de excel fueron sometidos a su debida transformación para obtener una distribución normal utilizando la función de arco seno, posteriormente se ingresaron al programa informático INFOSAT para realizar el análisis de varianza (ANDEVA) con un 95% de significancia.
- El ANDEVA se realizó por cada una de las tres aplicaciones ejecutadas.



Figura 14. Inflorescencia previa a ser muestreada.

- En la figura 14 se aprecia una inflorescencia de macadamia en el punto cardinal norte, previo a realizar el muestreo de trips *F. occidentalis* para evaluar la variable porcentaje de control de trips *F. occidentalis*.

2.1. Descripción

- Para medir el número de trips *F. occidentalis* por inflorescencia se realizaron muestreos previo y posterior a realizar las aplicaciones, para conocer la población inicial y la población final. En total se realizaron tres aplicaciones.
- Para realizar el conteo se utilizó el método de muestreo de golpeo, el cual consiste en “sacudir” la inflorescencia contra una base blanca (para mayor visibilidad) para posteriormente contar el número de individuos.
- Únicamente se tomaron en cuenta los árboles que conformaron la parcela neta (ocho) de la unidad experimental, de la misma forma se tomó en cuenta una inflorescencia por punto cardinal de la parte baja del árbol.
- El muestreo previo se realizó un día antes de la aplicación y el muestreo posterior fue realizado cinco días después de la aplicación. En total se realizaron seis muestreos divididos en tres aplicaciones (dos por aplicación).

2.2. Variables

- Número de trips *F. occidentalis* por inflorescencia.

2.3. Modo de análisis

- Los datos obtenidos en campo fueron anotados en la boleta de registro de datos, posteriormente se trasladaron a una hoja electrónica de excel para realizar la transformación de datos con el método de la raíz cuadrada y así obtener una distribución normal.
- El análisis estadístico fue realizado a través del programa informático INFOSTAT, en el cual se ingresaron los valores obtenidos para realizar el análisis de covarianza (ANCOVA) con un nivel de significancia del 95%.

- Se realizaron gráficas para comparar el rendimiento que obtuvo cada tratamiento en la medición de esta variable.

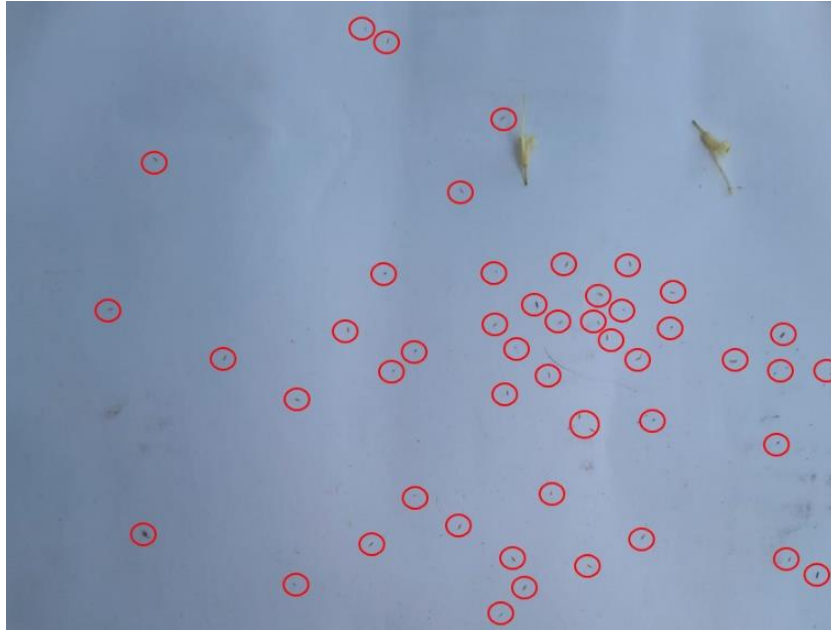


Figura 15. Individuos de trips en fondo blanco posterior al muestreo en inflorescencia.

- La figura 15 muestra el resultado de uno de los muestreos realizados en el área experimental, en un círculo rojo se encuentran encerrados los trips, en total se contabilizaron 48 individuos.

2.3.1. Diseño Estadístico

Para la presente investigación se implementó un diseño bloques al azar con arreglo en franjas, esto debido a la pendiente del área experimental donde se desarrolló la investigación, la misma no permite una completa aleatorización de todas las combinaciones de los niveles de los factores propuestos. A continuación, se detalla el modelo estadístico-matemático según Kempthorne (1952), citado por Nogueira (2000).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\rho\beta)_{jk} + (\alpha\rho)_{ik} + (\alpha\beta\rho)_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, b \end{array} \right.$$

Siendo:

Y_{ijk} = Variable respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, o sea, es el error experimental asociado al factor A, tal que $(\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma^2_1)$ e independientes, es utilizado como error_(a).

ρ_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor B.

$(\rho\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el k -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, o sea, es el error experimental asociado al factor B, tal que $(\rho\beta)_{jk} \sim N(0, \sigma^2_2)$ e independientes, es utilizado como error_(b).

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta\rho)_{ijk}$ = Error experimental asociado a Y_{ijk} , tal que $(\alpha\beta\rho)_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$ e independientes, es utilizado como término de error o residuo.

A través de la siguiente fórmula se determina el número de repeticiones necesarias.

$$GLEb = (a - 1)(b - 1)(r - 1)$$

Siendo

GLEb: Grados de libertad del error en b (12)

n: Número de repeticiones

A: Número de factores en A

B: Número de factores en B

$$12 = (3-1) (3-1) (4-1)$$

$$12 = (2) (2) (3)$$

$$12 = (4) (3)$$

$$12 = 12$$

Por lo tanto, el diseño experimental contó con cuatro repeticiones para cada tratamiento.

2.3.2. Tratamientos a evaluar

A continuación se plantean los tratamientos evaluados con sus respectivas dosis por hectárea, la concentración en unidades formadoras de colonias de cada dosis, los bioinsecticidas utilizados y el ingrediente activo. De la misma forma se encuentra un color por cada tratamiento evaluado, el mismo se utilizó para identificar los tratamientos en la unidad experimental.

Tabla 2. Tratamientos evaluados

Tratamientos	Dosis/ha	Concentración en UFC/L	Bioinsecticidas	Ingrediente Activo	Color de Identificación
T1 (TR)	1.40 L	7×10^{12}	Beauvista 2 SC	<i>Beauveria bassiana</i>	Negro
T2	1.50 L	7.5×10^{12}	Metavista 2 SC	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Amarillo
T3	1.07 L	5.35×10^{12}	Vistaisaria 2 SC	<i>Isaria fumosorosea</i>	Azul
T4	2.10 L	10.5×10^{12}	Beauvista 2 SC	<i>Beauveria bassiana</i>	Verde
T5	2.00 L	10×10^{12}	Metavista 2 SC	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Rojo
T6	1.43 L	7.15×10^{12}	Vistaisaria 2 SC	<i>Isaria fumosorosea</i>	Celeste
T7	2.80 L	14×10^{12}	Beauvista 2 SC	<i>Beauveria bassiana</i>	Anaranjado
T8	2.50 L	12.5×10^{12}	Metavista 2 SC	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Morado
T9	1.79 L	8.95×10^{12}	Vistaisaria 2 SC	<i>Isaria fumosorosea</i>	Blanco

La tabla anterior muestra cada uno de los nueve tratamientos evaluados con su respectiva dosis por hectárea, concentración en UFC, el bioinsecticida utilizado y su ingrediente activo. El tratamiento uno al que le proceden las letras “TR” fue el testigo relativo utilizado en la investigación, conformado por el bioinsecticida Beauvista 2 SC a una dosis de 1.40 L/ha. La unidad experimental fue conformada por 24 árboles, por lo que en cada borde (esquina) de dichas unidades se adhirió al árbol una cinta del color según el tratamiento; en la tabla 3 se indican los colores utilizados por cada tratamiento, en total fueron nueve colores utilizados,

Los productos biológicos que se evaluaron en la presente investigación están elaborados a base de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*; los cuales son hongos entomopatógenos que han comprobado su eficiencia contra los trips *Frankliniella occidentalis*.

2.3.3. Unidad Experimental

El área donde se llevó a cabo la investigación estuvo conformada por un distanciamiento de 14 metros entre calle y 4 metros entre planta, por lo que cada árbol contó con un área de 56 m². A continuación se observa las dimensiones de la unidad experimental.

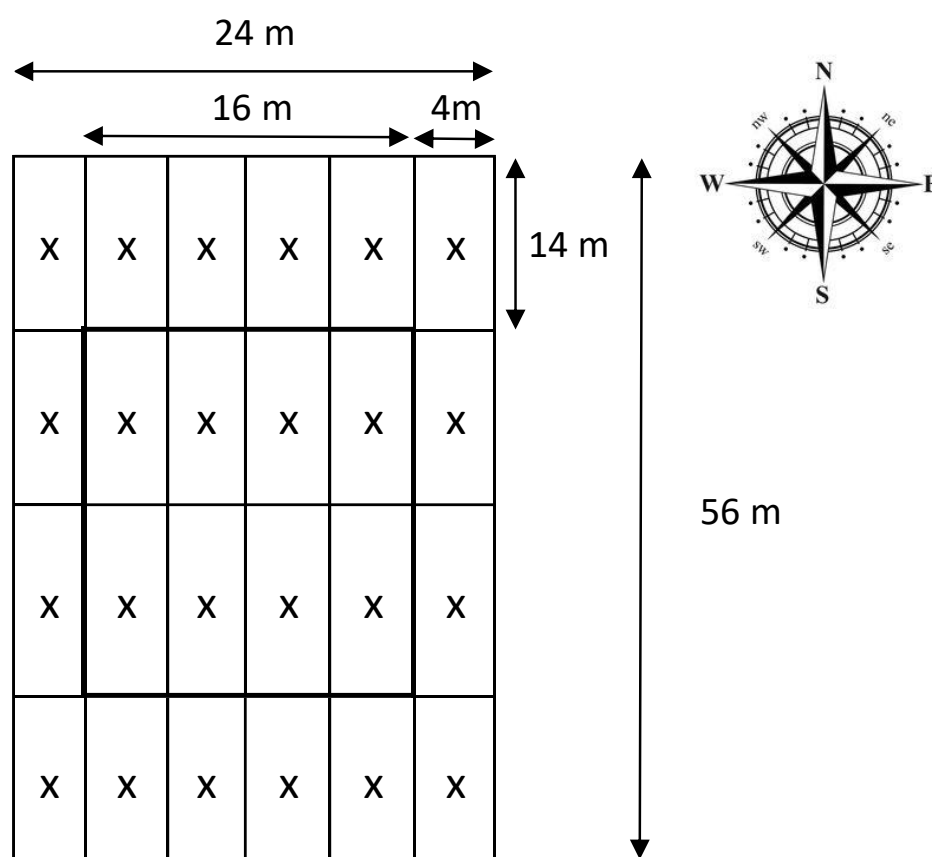


Figura 16. Unidad Experimental

La unidad experimental contó con 24 árboles de macadamia, lo cual equivale a un área de 1,344 m². La parcela neta se conformó por los ocho árboles del centro, con un área equivalente a 448 m² (16 m * 28 m), esto con la finalidad de evitar el efecto de borde que se pudo generar entre las aplicaciones de los diferentes tratamientos evaluados.

En la figura 17 se observa el croquis del diseño experimental aleatorizado en campo, con sus respectivos tratamientos, repeticiones y dimensionales.

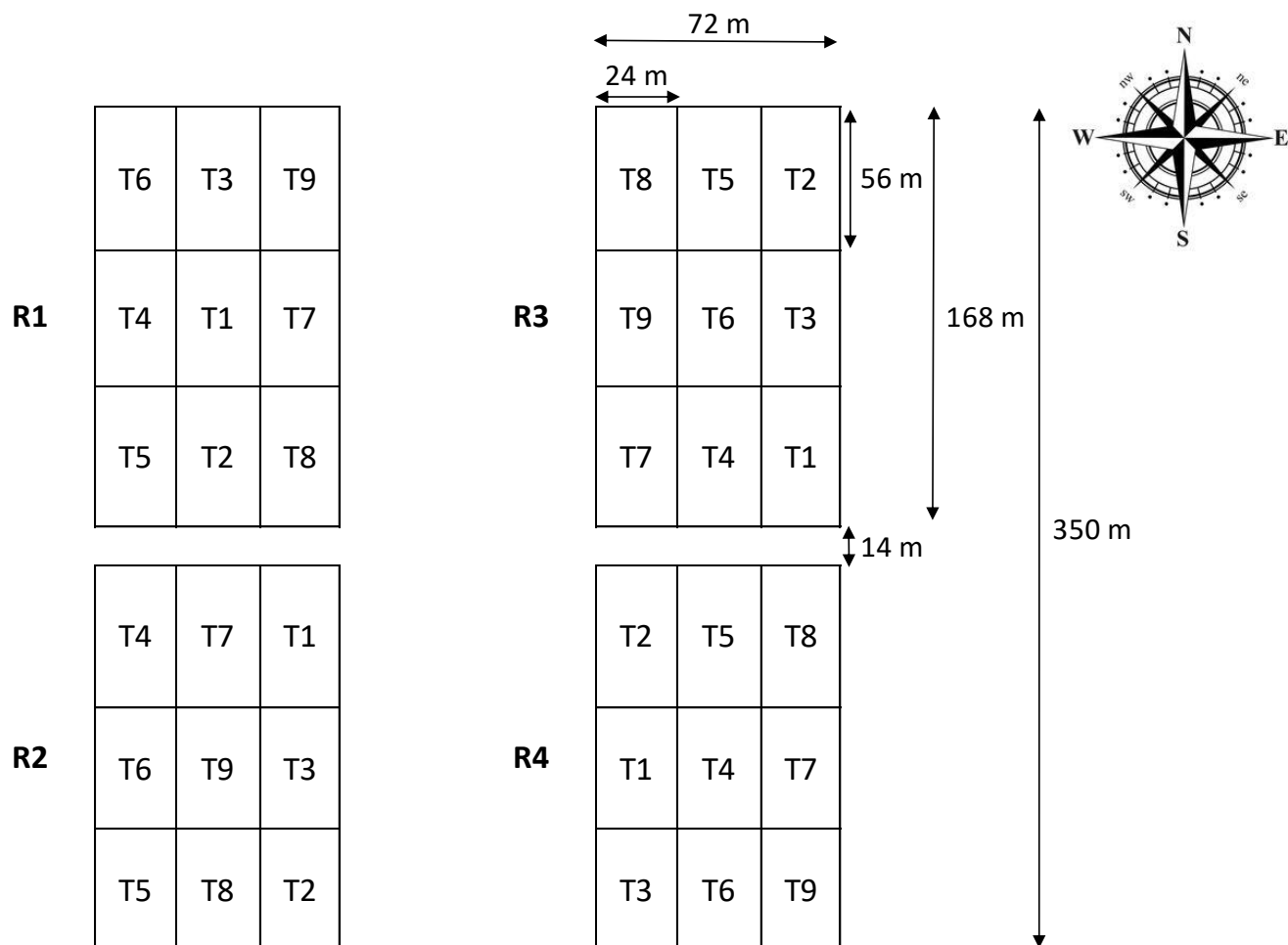


Figura 17. Croquis del diseño experimental

El diseño experimental contó con un total de nueve tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 36 unidades experimentales, abarcando un área de 51,800 m² (148 m * 350 m).

2.3.4. Aplicación de los productos

La aplicación de los bioinsecticidas fue directamente al árbol de Macadamia, el intervalo de aplicación fue de 10 días con un total de tres aplicaciones, se contó con apoyo del personal de finca Plantaciones Altamira para la manipulación de la parihuela y sus accesorios.



Figura 18. Mezcla de productos realizada previo a la aplicación en las unidades experimentales.

Se observa a la persona encargada de operar la parihuela durante las aplicaciones realizadas. El agua fue transportada desde el casco de la finca hacia el sector “La Grande” de finca Plantaciones Altamira, se utilizaron seis toneles para realizar las mezclas de los diferentes tratamientos evaluados.

Una persona fue la encargada de realizar las mezclas y velar por la manguera de succión de la parihuela, para que ésta se mantuviera en el fondo del tonel y al terminar de succionar el producto se apagara el motor.

La parihuela contó con dos salidas para aplicación, por lo que se asignó a dos personas por salida; una para encargarse de la conducción de la manguera por el terreno y, la otra persona se encargó de operar la varilla y aplicar el producto a los árboles de macadamia.

2. Para determinar el insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan el mayor cuaje de frutos en el cultivo de macadamia se hizo lo siguiente:

2.1. Descripción

- La variable cuaje de frutos se midió marcando una inflorescencia por punto cardinal en los árboles que conformaron la parcela neta de cada unidad experimental.

- Transcurridos 50 días se realizó el muestreo final para observar el número de frutos cuajados por cada inflorescencia marcada.

2.2. Variables

- Cuaje de frutos

2.3. Modo de análisis

- En campo se tabularon los datos del número de frutos cuajados por inflorescencia marcada a través de la boleta de registro de datos.
- Los valores obtenidos fueron tabulados en una hoja electrónica de excel para realizar la transformación de datos a través de la fórmula de la raíz cuadrada, posteriormente los valores fueron sometidos al análisis estadístico a través del programa INFOSTAT en el cuál se realizó un análisis de varianza con un 95% de significancia.
- Al obtener los resultados se realizaron las gráficas de los mismos para realizar la comparativa entre cada uno de los tratamientos evaluados.
- En la figura se observan frutos cuajados en una de las inflorescencias marcadas para medir la variable de cuaje de frutos.



Figura 19. Cuaje de frutos en inflorescencia marcada.

3. Para elaborar el costo de cada tratamiento a evaluar en el control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de macadamia se realizó lo siguiente:

3.1. Descripción

- Para calcular el costo por cada uno de los tratamientos utilizados, se cotizó el precio de cada uno de los insumos necesarios para el desarrollo de la investigación.
- En la tabla se visualiza el costo por cada insecticida biológico adquirido, el costo por los toneles utilizados, así como el costo por el agua utilizada. El costo por la depreciación de la parihuela, el costo por galón de combustible (gasolina), el aceite de dos tiempos y el costo por jornal según finca Plantaciones Altamira.

Tabla 3. Costo general de los insumos utilizados.

Insumo	Costo	Unidad de Medida	Cantidad	Total
Beauvista 2 SC	Q165.00	Litro	11	Q1,815.00
Metavista 2 SC	Q165.00	Litro	10	Q1,650.00
Vistaisaria 2 SC	Q165.00	Litro	7	Q1,155.00
Toneles	Q290.00	Unidad	6	Q1,740.00
Agua	Q5.00	Tonel (200 L)	26	Q130.00
Parihuela	Q9,980.00	Depreciación Anual	1	Q998.00
Gasolina	Q30.70	Galón	7.50	Q230.25
Aceite 2 Tiempos	Q62.00	Litro	1	Q62.00
Jornales	Q45.00	Jornal	15	Q675.00
			SUMA	Q8,455.25

- Los tres insecticidas biológicos presentaron el mismo precio, lo que varió fue el ingrediente activo.
- La parihuela tiene un costo en el mercado actual de Q9,980.00, la misma se depreció para 10 años de utilidad, por lo que al año el costo sería de Q998.00. En este cálculo se tomó en cuenta que la investigación únicamente abarcó dos meses del año.
- El agua se contabilizó a Q5.00 por tonel de 200 litros.

- En total con todos los insumos utilizados se realizó una inversión de Q8,455.25 para el desarrollo de la investigación.

3.2. Variables

- Costo por tratamiento

3.3. Modo de análisis

- Para el análisis de esta variable se ingresaron los valores de cada insumo utilizado en una hoja electrónica de excel.
- Posteriormente se distribuyeron los gastos según la dosificación que utilizó cada tratamiento evaluado.
- Se realizaron gráficas ilustrativas para comparar el costo de los tratamientos según el precio de los insumos utilizados y la respectiva dosificación de bioinsecticidas.

➤ Manejo del Experimento

El área experimental fue manejada con las mismas labores agronómicas que finca Plantaciones Altamira implementa en todos sus sectores, los cuales son los siguientes:

- **Control de maleza:** Se realiza a través de herbicidas de contacto (paraquat) y sistémico (glifosato) aplicado con bomba de mochila de 16 litros.
- **Descope:** Dicha labor consiste en realizar un corte a los seis metros de altura (desde la base del árbol hacia la copa) con serrucho tipo cola de zorro, para la desinfección de la herramienta se utilizó yodo.
- **Cosecha:** La recolección de macadamia es realizada de forma manual con un grupo de 15 a 20 personas, a quienes diariamente se les imparte surcos para realizar esta labor.
- **Eliminación de bejuco:** El desbejuco es realizado con machete, cortando el bejuco de la planta de macadamia y, posteriormente extrayéndolo del sector hacia las diferentes calles de la finca.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados en la presente investigación se describen a continuación.

1. Determinación del insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan mayor control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de macadamia.

1.1. Porcentaje de control de trips *F. occidentalis*

Los resultados en el porcentaje de control de trips *F. occidentalis* se derivan del análisis de varianza realizado. En la tabla se presenta el resumen estadístico del programa Infostat, el cual se utilizó para realizar en análisis de varianza (ANDEVA) de la variable porcentaje de control de trips *F. occidentalis* en su primera aplicación.

Tabla 4. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la primera aplicación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	317.73	23	13.81	0.58	0.8725
Bloque	14.33	3	4.78	0.20	0.8936
Dosis.ha	1.18	2	0.59	0.02	0.9793 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	169.15	6	28.19	1.19	0.3756
Bioinsect	23.95	2	11.98	0.78	0.4982 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	91.60	6	15.27	0.64	0.6954
Dosis.ha*Bioinsect	17.52	4	4.38	0.18	0.9421 ^{NS}
Error	285.06	12	23.76		
Total	602.80	35			

Como se observa en la columna de p-valor, tanto el factor dosis por hectárea, bioinsecticida y la interacción no presentaron significancia, lo cual indica que todos los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales, no hay diferencia.

Al realizar el ANDEVA, el coeficiente de variación (CV) del análisis realizado al porcentaje de control de trips en su primera aplicación fue de 10.96%, lo cual indica que el experimento fue manejado adecuadamente, obteniendo una precisión aceptable dentro del rango permitible.

En la tabla 5 se observa el resumen del análisis de varianza realizado a la variable en mención durante la segunda aplicación programada.

Tabla 5. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la segunda aplicación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	296.72	23	12.90	1.31	0.3206
Bloque	42.56	3	14.19	1.44	0.2799
Dosis.ha	3.33	2	1.67	0.06	0.9470 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	181.73	6	30.29	3.07	0.0463
Bioinsect	15.35	2	7.67	1.76	0.2505 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	26.18	6	4.36	0.44	0.8366
Dosis.ha*Bioinsect	27.57	4	6.89	0.70	0.6069 ^{NS}
Error	118.23	12	9.85		
Total	414.95	35			

El ANDEVA realizado al porcentaje de control de trips *F. occidentalis* en su segunda aplicación indica que los factores evaluados no presentaron significancia, por lo que estadísticamente son iguales.

Se destaca un coeficiente de variación de 6.42%, lo cual indica que el experimento fue manejado correctamente dentro del parámetro de precisión permitido.

En la tabla se presenta el resumen estadístico del análisis de varianza realizado al porcentaje de control de trips en su tercera y última aplicación.

Tabla 6. Análisis de varianza del porcentaje de control de trips de la tercera aplicación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	903.18	23	39.27	6.75	0.0007
Bloque	780.22	3	260.07	44.72	<0.0001
Dosis.ha	13.31	2	6.65	1.47	0.3016 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	27.10	6	4.52	0.78	0.6035
Bioinsect	5.73	2	2.86	0.27	0.7729 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	63.86	6	10.64	1.83	0.1756
Dosis.ha*Bioinsect	12.96	4	3.24	0.56	0.6979 ^{NS}
Error	69.79	12	5.82		
Total	972.97	35			

La columna de p-valor nuevamente indica que los factores evaluados; dosis por hectárea, bioinsecticidas e interacción no presentaron significancia, por lo cual se acepta la hipótesis nula la cual indica que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre la variable de respuesta.

El resumen del ANDEVA presentó un coeficiente de variación de 7.19%, esto es indicativo de que el experimento fue manejado dentro del parámetro de precisión aceptable.

Los tres análisis de varianza realizados compartieron un coeficiente de variación aceptable, aunado a ello también tienen en común que los tratamientos no poseen significancia, por lo que se acepta la hipótesis nula la cual indica que los tratamientos presentaron el mismo efecto sobre la variable de respuesta dosis por hectárea y bioinsecticidas evaluados. Al igual que en los tratamientos, la interacción no presentó significancia alguna, lo que indica que no existe interacción sobre las variables evaluadas; dosis por hectárea y bioinsecticidas, por lo que es aceptada la hipótesis nula de la interacción.



Figura 20. Aplicación de tratamientos en área experimental.

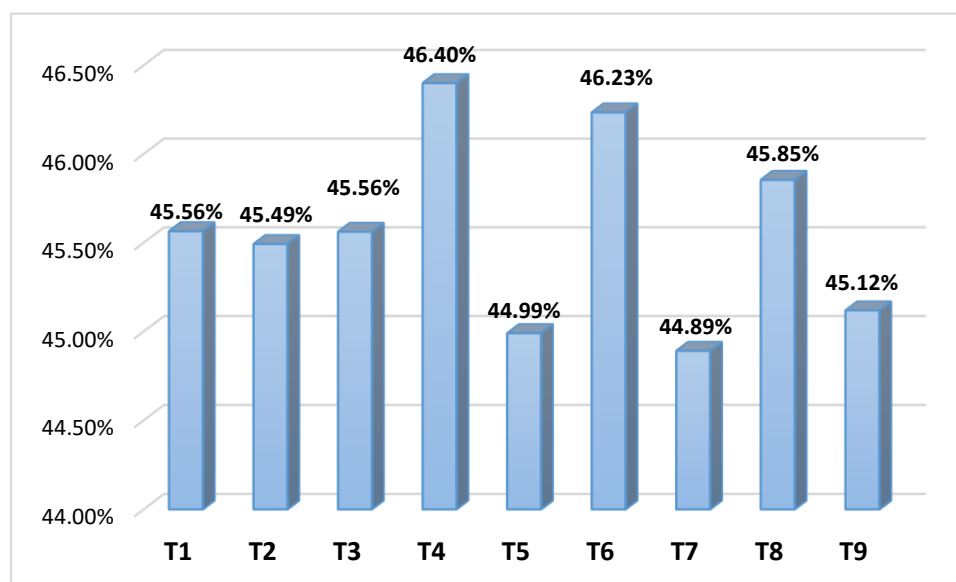


Figura 21. Porcentaje de control de trips por tratamiento.

A pesar de que los tratamientos presentaron el mismo efecto estadísticamente, en la figura se ilustran los resultados del control de trips obtenidos en la investigación, en el cual resalta el tratamiento cuatro conformado por el bioinsecticida Beauvista 2 SC a una dosis de 2.10 L/ha.

1.2. Número de trips *F. occidentalis* por inflorescencia

Los resultados obtenidos en la variable número de trips *F. occidentalis* por inflorescencia fueron generados en el programa Infostat. En la tabla se describe el análisis de covarianza (ANCOVA) realizado al número de trips presente en cada unidad experimental de los tratamientos evaluados, a través de la parcela neta.

Tabla 7. Análisis de covarianza del número de trips en la primera aplicación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.11	24	1.50	4.75	0.0050
Bloque	0.56	3	0.19	0.59	0.6333
Dosis.ha	0.12	2	0.06	0.13	0.8769 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	2.77	6	0.46	1.46	0.2774
Bioinsect	0.10	2	0.05	0.24	0.7960 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	1.27	6	0.21	0.67	0.6757
Dosis.ha*Bioinsect	0.50	4	0.13	0.40	0.8077 ^{NS}
X	2.42	1	2.42	7.65	0.0183
Error	3.48	11	0.32		
Total	39.59	35			

El resumen estadístico ANCOVA de la primera aplicación realizada indica que no se presentó significancia en los factores evaluados; dosis por hectárea, bioinsecticidas e interacción, lo cual indica que los tratamientos presentaron el mismo efecto estadísticamente.

El coeficiente de variación calculado fue de 7.96%, lo cual se encuentra dentro del rango de precisión permitido y se considera aceptable.

En la tabla se encuentra el resumen del análisis de covarianza realizado al número de trips, en la segunda aplicación realizada.

Tabla 8. Análisis de covarianza del número de trips en la segunda aplicación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.10	24	0.34	2.13	0.0962
Bloque	0.77	3	0.26	1.61	0.2437
Dosis.ha	0.08	2	0.04	0.08	0.9239 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	3.01	6	0.50	3.16	0.0469
Bioinsect	0.36	2	0.18	3.71	0.0894 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	0.29	6	0.05	0.31	0.9208
Dosis.ha*Bioinsect	0.48	4	0.12	0.76	0.5709 ^{NS}
X	2.70	1	2.70	17.00	0.0017
Error	1.74	11	0.16		
Total	9.84	35			

La columna de p-valor indicó que el ANCOVA realizado a la variable en mención no presentó significancia en sus factores evaluados, por lo que estadísticamente presentaron el mismo efecto, incluyendo a la interacción.

El coeficiente de variación calculado fue de 6.60%, lo cual es considerado aceptable dentro del rango permitido de precisión.

En la tabla 9 se presente el resumen estadístico a través del análisis de covarianza (ANCOVA) realizado a la variable número de trips en su tercera y última aplicación. Se contó con un coeficiente de variación de 2.28%, el cual indica que el experimento fue ejecutado dentro del rango de precisión permitido.

Tabla 9. Análisis de covarianza del número de trips en la tercera aplicación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.44	24	0.69	14.28	<0.0001
Bloque	5.18	3	1.73	35.99	<0.0001
Dosis.ha	0.03	2	0.02	0.36	0.7101 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	0.27	6	0.04	0.93	0.5098
Bioinsect	0.10	2	0.05	0.52	0.6184 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	0.58	6	0.10	2.01	0.1488
Dosis.ha*Bioinsect	0.33	4	0.08	1.70	0.2195 ^{NS}
X	5.77	1	5.77	120.22	<0.0001
Error	0.53	11	0.05		
Total	16.97	35			

El resumen ANCOVA indica que los factores evaluados; dosis por hectárea, bioinsecticidas e interacción no presentaron significancia, por lo que estadísticamente presentaron el mismo efecto durante el desarrollo de la investigación.

Dentro de los tres análisis de covarianza desarrollados a cada una de las aplicaciones realizadas para evaluar los tratamientos propuestos, se destaca que el coeficiente de variación se encontró dentro del parámetro permitido estadísticamente. De la misma forma se destaca que tanto el factor A; dosis por hectárea de producto, el factor B; bioinsecticidas y, su respectiva interacción, no presentaron significancia, por lo que se aceptó la hipótesis nula la cual indica que todos los tratamientos evaluados presentaron el mismo efecto sobre las variables de respuesta dosis por hectárea y bioinsecticidas; de la misma forma la interacción no presentó significancia, por lo que es aceptada la hipótesis nula de la misma.

El número de trips presente en cada unidad experimental fue monitoreado un día antes y cinco días después de cada aplicación. En la figura 22 se observa la gráfica del promedio de trips antes y después de cada aplicación; “X” hace referencia al muestreo realizado previamente, mientras que “Y” hace referencia al muestreo realizado posteriormente. El número que se encuentra a la par de la letra “X” y/o “Y”, hace referencia al número de aplicación, en total se realizaron tres.

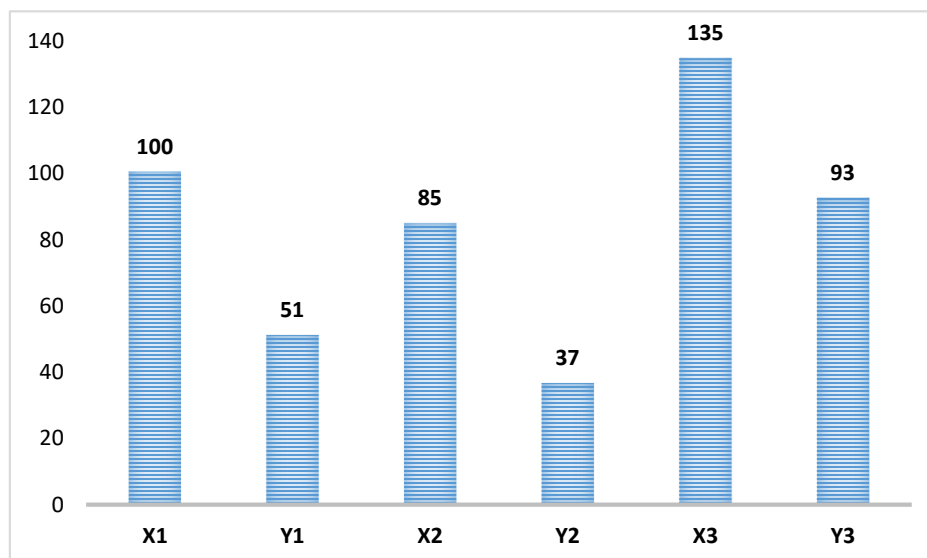


Figura 22. Promedio del número de trips antes y después de las tres aplicaciones realizadas.

La gráfica anterior indica que en promedio en la tercera aplicación se contó con la mayor presencia de trips respecto a las otras dos aplicaciones, con una población de 135 trips por unidad experimental. Esto se debe a que el último muestreo fue realizado en el mes de agosto, en el que el cultivo de Macadamia inicia con su segunda floración resaltante del año.

2. Determinación del insecticida biológico y dosis de aplicación que produzcan el mayor cuaje de frutos en el cultivo de macadamia.

2.1. Cuaje de frutos

Para respaldar estadísticamente los resultados obtenidos, se realizó la conversión del número de frutos a través del método de la raíz cuadrada, esto derivado de que dicha variable no es continua, por lo que no posee una distribución normal. Posterior a la transformación, se tabularon los datos en el programa estadístico Infostat, del cual se derivaron los siguientes resultados.

En la tabla 10 se observa el resumen del análisis de varianza realizado a la variable cuaje de frutos, en la cual se marcó una inflorescencia por punto cardinal y 50 días después se realizó el muestreo para comprobar el número de frutos que cada inflorescencia marcada logró cuajar.

Tabla 10. Resumen del análisis de varianza aplicado a la variable cuaje de frutos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.53	23	0.68	0.73	0.7520
Bloque	2.36	3	0.79	0.85	0.4939
Dosis.ha	1.41	2	0.71	0.87	0.4645 ^{NS}
Dosis.ha*Bloque	4.84	6	0.81	0.87	0.5428
Bioinsect	0.02	2	0.01	0.05	0.9557 ^{NS}
Bioinsect*Bloque	1.55	6	0.26	0.28	0.9364
Dosis.ha*Bioinsect	5.35	4	1.34	1.44	0.2793 ^{NS}
Error	11.11	12	0.93		
Total	26.64	35			

El análisis de varianza (ANDEVA) realizado indica que los factores evaluados; dosis por hectárea, bioinsecticidas y la interacción no poseen significancia, por lo cual se concluye que los tratamientos presentaron el mismo efecto sobre la variable de respuesta del cuaje de frutos. De la misma forma se acepta la hipótesis nula de la interacción, la cual indica que no existió interacción entre los factores evaluados.



Figura 23. Cuaje de frutos observado en muestreo realizado.

En la figura se observa una inflorescencia de macadamia polinizada y con desarrollo de frutos en proceso, los cuales pueden llegar a culminar su formación o pueden verse afectados por alguna enfermedad, plaga, inclemencias del tiempo o por aborto natural del árbol. Al encontrarse los frutos expuestos al ambiente natural de finca Plantaciones Altamira, existen factores que pueden provocar que el fruto no cuaje, como los mencionados anteriormente.

3. Elaboración del costo de cada tratamiento a evaluar en el control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de macadamia.

3.1 Costo por tratamiento

El costo por tratamiento indica el precio que cada uno de los tratamientos evaluados tiene según los precios actuales de los insumos utilizados, estos están sujetos a cambios imprevistos derivado de la oferta de la que disponga el mercado a nivel nacional.

Tabla 11. Costo de insumos utilizados

Insumo	Costo	Unidad de Medida
Beauvista 2 SC	Q165.00	Litro
Metavista 2 SC	Q165.00	Litro
Vistaisaria 2 SC	Q165.00	Litro
Toneles	Q290.00	Unidad
Agua	Q5.00	Tonel (200 L)
Parihulea	Q998.00	Depreciación anual
Gasolina	Q30.70	Galón
Aceite 2 Tiempos	Q62.00	Litro
Jornales	Q45.00	Jornal

Se muestra el costo que cada uno de los productos utilizados tiene hasta la fecha. Los tres productos biológicos utilizados contaron con el mismo precio, lo que varió fue la dosis de aplicación de cada uno y su ingrediente activo. La parihuela tiene un costo actual en el mercado de Q9,980.00, por lo que se depreció para 10 años obteniendo un costo anual de Q998.00. El agua fue cotizada en Q5.00 por llenado de tonel de 200 litros de capacidad.

Tabla 12. Costos por tratamiento

Tratamiento	Bioinsecticida	Toneles	Agua	Parihuela	Gasolina	Aceite 2 Tiempos	Jornales	Total/Ha
T1	Q231.00	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,175.06
T2	Q247.50	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,191.56
T3	Q176.55	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,120.61
T4	Q346.50	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,290.56
T5	Q330.00	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,274.06
T6	Q235.95	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,180.01
T7	Q462.00	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,406.06
T8	Q412.50	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,356.56
T9	Q295.35	Q580.00	Q8.95	Q110.80	Q15.35	Q3.88	Q225.00	Q1,239.41

Se detallan los costos por cada uno de los tratamientos evaluados por hectárea; se puede apreciar que la mayoría de los insumos utilizados poseen el mismo costo entre tratamientos, lo que varió es el precio del bioinsecticida, esto se debe a que parte de la investigación fue evaluar dosis de aplicación, la cual fueron tres por cada bioinsecticida. A pesar de que el precio es el mismo para los tres productos, el costo varía por la dosis que recomienda el fabricante.

El tratamiento que presentó el menor costo por hectárea fue el tres, compuesto por el producto Vistaisaria 2 SC con su dosis mínima de aplicación recomendada por el fabricante, posee un costo de Q1,120.61. Continuando con el orden ascendente se encuentra el tratamiento uno, conformado con el producto Beauvista 2 SC y su dosis mínima recomendada por el fabricante, con un precio de Q1,175.06. En tercer lugar respecto a los menores costos se encuentra el tratamiento seis, comprendido entre el producto Vistaisaria 2 SC y su dosis media recomendada, el precio fue de Q1,180.01.

El tratamiento dos y nueve se encuentran dentro del rango de costo de Q1,191.00 a Q1,240.00, mientras que los tratamientos cinco, cuatro y ocho se encuentran dentro del rango de Q1,264.00 a Q1,357.00 y, el tratamiento siete presentó el mayor costo de aplicación con un valor de Q1,406.06 por hectárea.

VIII. CONCLUSIONES

1. Estadísticamente todos los tratamientos presentaron el mismo efecto sobre las variables de respuesta; porcentaje de control de trips *F. occidentalis* y número de trips *F. occidentalis* por inflorescencia.
2. Los tratamientos evaluados presentaron el mismo efecto sobre la variable de respuesta cuaje de frutos.
3. Los análisis de varianza y covarianza realizados con un 95% de significancia, indican que no existe interacción estadísticamente entre las dosis de aplicación y los bioinsecticidas evaluados.
4. El costo por hectárea que menor valor presentó fue el del tratamiento tres (Vistaisaria 2 SC a una dosis de 1.07 L/ha), posee un valor de aplicación de Q1,120.61. En segunda instancia se encuentra el tratamiento uno (Beauvista 2 SC a una dosis de 1.40 L/ha), con un precio de aplicación por hectárea de Q1,175.06.

IX. RECOMENDACIONES

1. Es conveniente la aplicación del bioinsecticida Vistaisaria 2 SC a una dosis de 1.07 L/ha para el control de trips *F. occidentalis* en el cultivo de macadamia, utilizando parihuela para su aplicación.
2. Se sugiere la aplicación del bioinsecticida Beauvista 2 SC a una dosis de 2.10 L/ha, para el cuaje de frutos en el cultivo de Macadamia, utilizando parihuela para su aplicación.
3. Aplicar el insecticida biológico Vistaisaria 2 SC a una dosis de 1.07 L/ha el cual fue el más rentable de los tratamientos evaluados.
4. Incorporar los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea* en la ejecución del manejo integrado de plagas en el cultivo de Macadamia.

X. REFERENCIAS

- Alianza Mesoamericana por la Biodiversidad (2016). *Macadamia con Impulso Socioambiental*. <https://www.bpmesoamerica.org/macadamia-con-impulso-socioambiental/#:~:text=Desde%20el%20punto%20de%20vista,y%20conservaci%C3%B3n%20de%20la%20biodiversidad.>
- Amaya, O. S., Varón Devia, E. H., y Floriano, J. A. (2012). *Propuesta de muestreo para Neohydatothrips signifer (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de maracuyá*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/<https://www.scielo.br/j/pab/a/yZPS-t8y3MmKWgkxDPxN8gVp/?format=pdf>
- ANACAFÉ. (2004). *Cultivo de Macadamia*. <https://www.yumpu.com/es/document/view/14782839/cultivo-de-la-nuez-de-macadamia>
- Armadans Rojas, A. (2006). *Macadamia*. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/macadamia-900122.html>
- Cardenas, E., y Corredor, D. (1989). *Biología del Trips Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) sobre crisantemo Chrysanthemum morifolium L. bajo Condiciones de Laboratorio*. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocoll/article/view/20999/21923>
- Castillo Carrillo, P. S., Sernaqué Cortez, A., y Purizaga Preciado, J. L. (2020). *Registro del chinche del cacao Antiteuchus tripterus (Fabricius, 1787) (Hemiptera: Pentatomidae), en Tumbes-Perú*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/03/24115-20_2020325_Castillo_Antiteuchus.pdf
- CENICAÑA. (2005). *Evaluación del daño causado por Diatraea spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_09/sd_09.pdf
- Certis Belchim. (2022). *Beauveria bassiana: Todo lo que necesitas saber*. <https://certisbelchim.es/beauveria-bassiana-todo-lo-que-necesitas-saber/#:~:text=Los%20agricultores%20tienen%20en%20el,pulg%C3%B3n%2C%20ara%C3%B1a%20roja%2C%20etc.>
- Cuá, N. V. (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*. [Tesis de

- Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.cytconoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Cua-Navi-Violeta-2015.pdf
- De Borbón, C. M. (2013). Especies del género *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) registradas en la Argentina, una actualización. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(1), 259-284. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/6230#:~:text=Resumen,de%20tisan%C3%B3pteros%20de%20la%20Argentina.>
- De León Mérida, J. L. (2011). *Estudio de los Thrips (Frankliniella occidentalis Pergande) asociados a nuez de Macadamia (Macadamia integrifolia mueller), en finca Monte de Oro Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.* [Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2647.pdf
- Fernández, T. (2020). *Evaluación de la aplicación de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de trips (Frankliniella occidentalis) en rosas.* <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/39e4ea1f-428f-4b68-aec9-c028076db4c4>
- Futureco Bioscience. (2022). *Modo de acción de un insecticida biológico.* <https://www.futurecobioscience.com/insecticida-biologico/>
- García Marí, M., y González Zamora, J. E. (1994). *Métodos de muestreo binomial y secuencial del trips de las flores Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) y de antocóridos (Heteroptera, Anthocoridae) en fresón.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-20-03-703-723.pdf
- Hernández, M. (2019). *Evaluación de aislados fúngicos como posibles entomopatógenos frente al trips Frankliniella occidentalis.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/9744/HERNANDEZ%20MENDEZ,%20MARIA%20LUCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Isaria%20fumosorosea.%20(especie)%20tambi%C3%A9n%20denominado%20Paecilomyces%

- Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. (2013). *Malezas hospederas de Frankliniella occidentalis y reservorios del virus del bronceado del tomate en el Altiplano mexicano*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/2091/209128776001.pdf
- Kempthorne. (1952). *Diseño y análisis de experimentos factoriales*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1
- Lezaun, J. (2024). *Trips “Frankliniella spp, Neohydatothrips spp y Scyrtothrips spp” Distribución geográfica de la plaga e Impacto económico*. <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/trips-frankliniella-insectos-estrategas-distribucion-geografica-de-la-plaga-e-impacto-economico>
- López Xicará, P. O. (2019). *Efecto de hongos entomopatógenos Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae y combinación, para control de Barroa Destructor en abeja europea, En San Pablo, San Marcos, Guatemala*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IIICA-CRIA%202020/10%20MIEL/Metarhizium%20varroas-CUNOC-P%20Osmani/Control%20biol%C3%B3gico%20varroasis%202019.pdf
- Macamex. (2013). *Ficha técnica de cultivo de nuez de macadamia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://macadamiamexico.com/wp-content/themes/macamexresponsive/assets/didacticos/ficha_tecnica_cultivo.pdf
- MEFCCA. (2016). *Cartilla del Cultivo de la Macadamia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento8928558.pdf
- Mendoza Ulloa, J. G. (2019). *El uso de agentes biológicos para el control de Frankliniella occidentalis (Pergande) en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2adf3d82-4d21-404e-b4a9-069ec24c49bb/content
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658macadamia.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2011). *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_338.pdf

Miranda, P. (2003). *Cultivo de macadamia (Macadamia integrifolia), control biológico del barrenador de la nuez macadamia (Ecdytolopha torticornis), con tres diferentes niveles de concentración del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana (Bals.)*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/83/Archivos/Departamento%20de%20Investigaciones%20y%20publicaciones/Articulos%20Doctrinarios/Agr%C3%ADcolas/Macadamia%20Barrenador%20y%20Hongo%20Beauveria.pdf

Mi Blog Chapin. (2009). *Mapa de Guatemala en blanco y negro*.
https://miblogchapin.wordpress.com/2009/10/15/mapa-de-guatemala-en-blanco-y-negro/

Molinatti, M. (2021). *Los trips en la agricultura: pequeños insectos que causan grandes problemas*.
https://tecnovitaca.com/trips-agricultura/#:~:text=Los%20trips%20son%20insectos%20plaga,floral)%20que%20causa%20su%20presencia.

Páez Pacheco, A. (2021). *Efectos de Metarhizium anisopliae (Fungi: Clavicipitaceae), Beauveria bassiana (Fungi: Cordycipitaceae) y dos extractos vegetales en Gaeolaelaps aculeifer (Mesostigmata: Laelapidae)*. [Tesis de Postgrado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82061/1070962961.2022.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Pérez López, E., y Luis Pantoja, M. (2014). *Establishment of black aphid in Macadamia nut trees in Cuba*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/2091/Resumenes/Resumen_209140763004_1.pdf#:~:text=Resumen.%20El%20%C3%A1fido%20negro%20Toxopteraaurantii%20(Boyer%20de,fitopatol%C3%B3gicos%20en%20una%20colecci%C3%B3n%20ex%20

Plantix. (2023). *Podredumbre de la raíz por Fitóptora*. <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100001/apple-root-and-collar-rot/>

Pujota Cuzco, A. G. (2013). *Sistematización del manejo integrado de Frankliniella occidentalis, en el cultivo de rosas bajo invernadero en el sector de tabacundo, cantón Pedro Moncayo provincia de Pinchincha*. [Tesis de Ingeniero Agropecuario. Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador. Facultad de Ciencias de la Vida]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5076/6/UPS-YT00253.pdf>

Rodas, A. (2020). *Trips: una plaga bajo la lupa*. <https://investigacionparatodos.usac.edu.gt/entrevistas/item/110-trips-plaga#:~:text=Podemos%20mencionar%20entre%20las%20m%C3%A1s,ataque%20de%20hongo%20y%20bacterias.>

Ruiz Bello, R. (2004). *Contenido nutrimental en suelo y follaje, en un agroecosistema de Macadamia sp., en Tlalnelhuayocan, Veracruz*. [Tesis de Postgrado. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47208/RuizBelloRomeo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salazar Rodríguez, L. (2006). *Propuesta para el Diseño de un Modelo Lineal de Producción de derivados de la nuez de Macadamia, de la finca Valhalla Experimental Station, en el municipio San Miguel Dueñas, departamento de Sacatepéquez*. [Tesis de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1670_IN.pdf

Sanidad Vegetal de Caborca. (2021). *Metarhizium anisopliae*. [https://www.jlsvcaborca.org.mx/2021/11/metarhizium-anisopliae.html#:~:text=Metarhizium%20anisopliae%20es%20un%20hongo%20que%20act%C3%BAa,L.\)%2C%20lepid%C3%B3pteros%20en%20general%2C%20ara%C3%B1a%20roja%20\(Tetranychus](https://www.jlsvcaborca.org.mx/2021/11/metarhizium-anisopliae.html#:~:text=Metarhizium%20anisopliae%20es%20un%20hongo%20que%20act%C3%BAa,L.)%2C%20lepid%C3%B3pteros%20en%20general%2C%20ara%C3%B1a%20roja%20(Tetranychus)

Schulz, K. (2017). *Las chinches hediondas*. <https://www.gardentech.com/es/insects/stink-bugs>

Sol Quintas, G. (2011). *Manual técnico para productores de nuez de macadamia*. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>

Vista Volcanes. (2022). *Productos para la agricultura orgánica y convencional*.
<https://vistavolcanes.com/productos/>

XI. ANEXOS

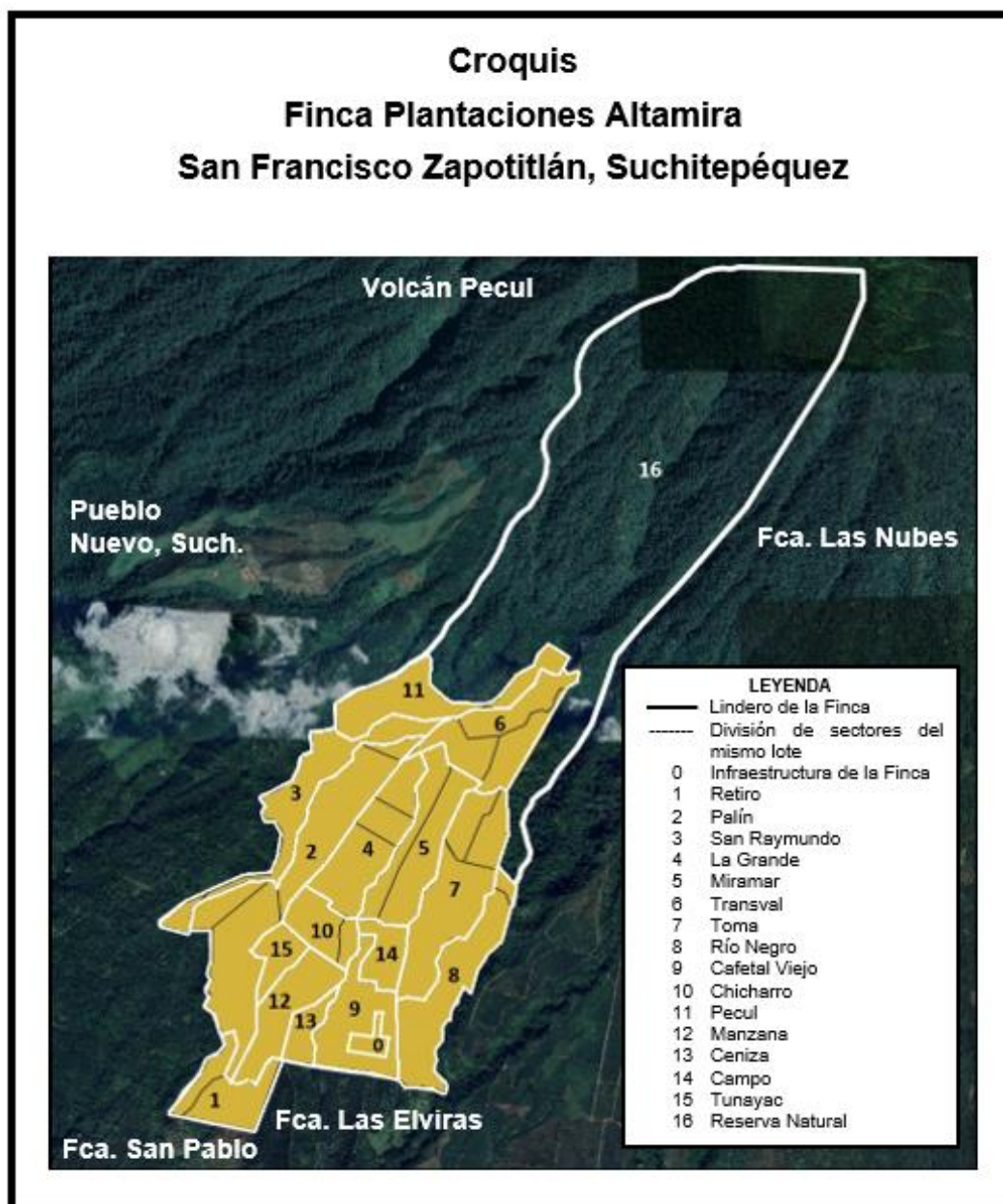


Figura 24. Croquis de finca Plantaciones Altamira.



Figura 26. Aplicación de tratamientos con personal de finca Plantaciones Altamira.



Figura 27. Muestra de trips de finca Plantaciones Altamira observado en laboratorio del CUNSUROC.



Figura 28. Inflorescencia con presencia de pulgones.



Figura 29. "Chicharrita", de la familia Cicadellidae presente en muestra de inflorescencia de macadamia de finca Plantaciones Altamira.

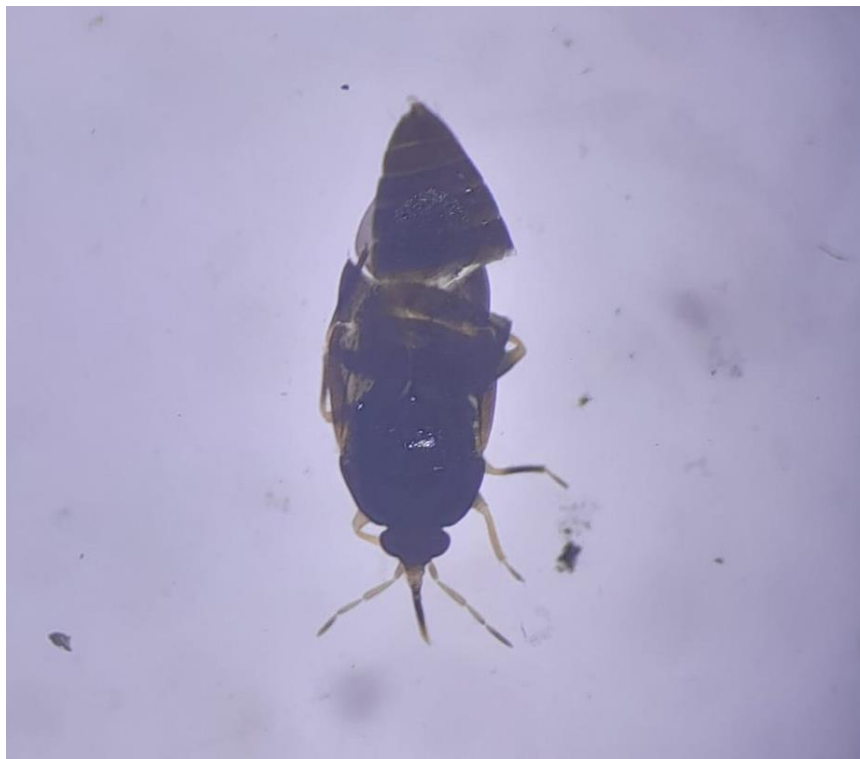


Figura 30. Insecto benéfico del género *Orius* spp. en muestra de inflorescencia de finca Plantaciones Altamira.

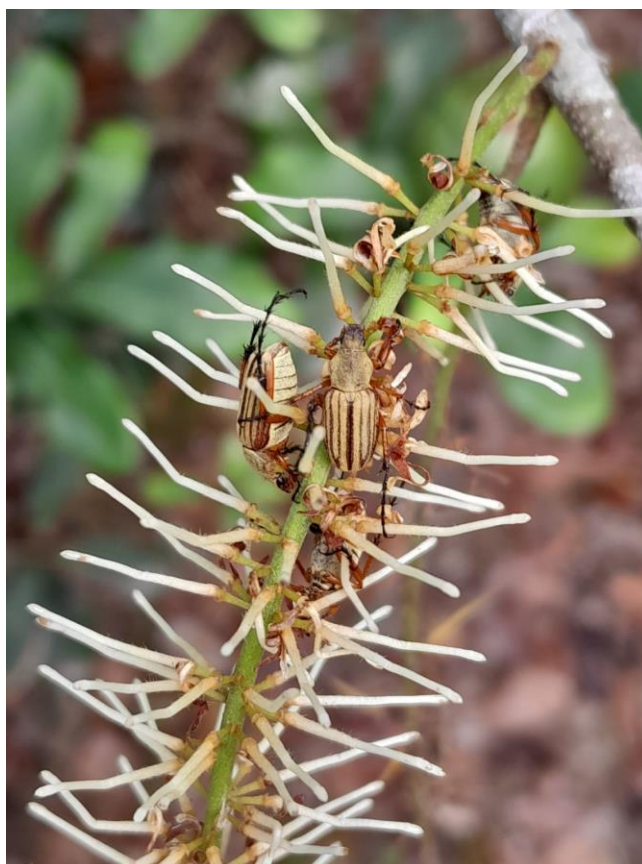


Figura 31. Insectos del género *Polyphylla* spp. en inflorescencia de macadamia.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, 06 de Noviembre de 2024

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales:

Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.

Centro Universitario del Suroccidente.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Dr. Mynor Otzoy:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre bien en las actividades académicas de la carrera de Agronomía y gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **Evaluación de tres insecticidas biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* Thripidae “trips” en el cultivo de *Macadamia integrifolia* en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.** La investigación fue presentada por el estudiante T.P.A. Manuel Eduardo Calderón Mateo Carné: 201840761 de la carrera de 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 de usted, Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. M.A. Héctor Rubén Posadas Ruíz

Profesor Supervisor-asesor

Carrera Agronomía Tropical

Mazatenango, 06 de Noviembre de 2024

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 el estudiante **T.P.A. Manuel Eduardo Calderón Mateo**, quien se identifica con número de **Carné: 201840761**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de tres insecticidas biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* Thripidae "trips" en el cultivo de *Macadamia integrifolia* en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.**, el cual fue asesorado por el Ing. Agr. M.A. Héctor Rubén Posadas Ruíz y revisado como documento de graduación por el PhD. Mynor Raúl Oztzy Rosales en función de las atribuciones que me corresponden en el rol de Coordinador de la Carrera.

En términos de lo expresado, hago constar que el estudiante T.P.A. Calderón Mateo, 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



PhD. Mynor Raúl Oztzy Rosales
Coordinador de la Carrera de
Agronomía tropical



CUNSUROC/USAC-I-05-2025

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, diez de febrero de dos mil veinticinco_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “EVALUACIÓN DE TRES INSECTICIDAS BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS THRIPIDAE “TRIPS” EN EL CULTIVO DE Macadamia integrifolia EN FINCA PLANTACIONES ALTAMIRA, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ”, del estudiante: TPA. Manuel Eduardo Calderón Mateo. Carné: 201840761. CUI: 3225 20959 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris