

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el control del barrenador de nuez *Ecdytolopha torticornis* en el cultivo de macadamia *Macadamia integrifolia*, en finca Las Margaritas, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

TPA. Pedro Pablo Donis Kiss

Carné: 201440679

Mazatenango, Suchitepéquez, marzo de 2020.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el control del barrenador de nuez *Ecdytolopha torticornis* en el cultivo de macadamia *Macadamia integrifolia*, en finca Las Margaritas, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

TPA. Pedro Pablo Donis Kiss

Carné: 201440679

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Asesor

Mazatenango, Suchitepéquez, marzo de 2020.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SURCOCCIDENTE**

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

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

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Vocal

REPRESNTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

T.P.A. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE Rony Roderico Alonzo Solis

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico
M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas
M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social
Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía
Dr. René Humberto López Cotí

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos
MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
M.Sc. Erick Alexander España Miranda

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local
M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogado y Notario
M.Sc. José David Barillas Chang

Coordinador de Área Social Humanista
Lic. José Felipe Martínez Domínguez

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía
M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera de Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la
Comunicación
Lic. Heinrich Herman León

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: por estar conmigo en cada momento y ser mi fortaleza durante todo este tiempo.

A MIS PADRES: Minor Alfredo Donis Gonzalez y Claudia Lizbeth Kiss Velásquez, porque a ellos les debo mi formación, su apoyo y motivación, así como por su ejemplo de perseverancia y fortaleza.

A MI HIJO: Pablo Santiago Donis de León por ser una gran luz en mi vida y llenarme de mucha felicidad.

A MI ESPOSA: Gloria Elizabeth de León Alvarado por ayudarme en los buenos y malos momentos y por darme su amor y paciencia para ser una buena persona.

A MIS HERMANOS: Minor Alfredo Donis Kiss, Anna lucia Donis Kiss y Franz Adalberto Donis Kiss por darme su apoyo y paciencia.

A MIS AMIGOS: Ricardo Alberto Chan Escobar y Jacobo Fernando Alvarado García por apoyarme en esta última etapa de mi carrera

AL SEÑOR: Antonio Bonifasi Cuestas por darme la oportunidad de poder hacer mi EPS en su finca y darme su apoyo

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
1. Marco Conceptual	2
1.1. Cultivo de la macadamia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	2
1.1.1. Importancia.....	2
1.1.2. Origen.....	2
1.1.3. Clasificación taxonómica de la macadamia	4
1.1.4. Aspectos botánicos.....	4
1.1.5. Manejo agronómico.....	5
1.1.6. Principales zonas de producción en Guatemala	6
1.1.7. Valor nutricional	7
1.1.8. Principales variedades	7
1.1.9. Enfermedades de la macadamia	8
1.1.10. Principal plaga de la macadamia	8
1.1.11. Descripción del barrenador de la nuez (<i>Ecdytolopha torticornis</i>)	9
1.1.12. Manejo integrado de plagas.....	10
1.1.12.1. Control biológico.....	11
1.1.12.2. Parasitoides.....	12
1.1.12.3. Parasitoides de huevo	14
1.2. <i>Trichogramma</i> sp. (Himenoptera: Trichogrammatidae)	15

1.3.	Características del Dron Phantom 4	16
1.4.	Formas de liberación de <i>Trichogramma</i>	18
1.5.	Dosis recomendadas de <i>Trichogrammas exiguum</i>	18
1.6.	Antecedentes en el uso de <i>Trichogramma sp.</i>	19
2.	Marco Referencial	20
2.1.	Ubicación geográfica.....	20
2.2.	Limites, extensión y vías de acceso	20
2.3.	Clima.....	20
2.4.	Zonas de vida	20
2.5.	Suelo.....	21
2.6.	Hidrografía	21
III.	OBJETIVOS	22
1.	Objetivo general	22
2.	Objetivos específicos.....	22
IV.	HIPÓTESIS	23
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
1.	Lugar de realización del experimento	24
2.	Material y equipo	24
3.	Material experimental.....	24
4.	Metodología	25
4.1.	Análisis experimental.....	25
4.2.	Tratamientos.....	25
4.3.	Croquis del experimento	26
4.4.	Tamaño de la muestra.....	27
4.5.	Variable de respuesta.....	27

5.	Análisis de la información.....	28
6.	Análisis económico	28
7.	Manejo del experimento.....	28
7.1.	Delimitación del área.....	28
7.2.	Caja entomológica.....	28
7.3.	Recolección de los frutos ovopositados	29
7.4.	Colocación de frutos y liberación de <i>T. exiguum</i>	30
7.5.	Liberación con drones.....	31
7.6.	Liberación con personal	31
7.7.	Muestreo de huevecillos parasitados.....	33
7.8.	Condiciones climáticas registradas el día de la liberación del parasitoide.....	34
VI.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
1.	Condiciones climáticas durante la liberación del parasitoide	35
2.	Variable días de parasitismo bajo condiciones controladas	37
3.	Variable número de huevecillos parasitados	39
4.	Relación de los resultados con otras investigaciones.....	41
5.	Variable distribución del parasitismo.....	43
6.	Seguimiento de las observaciones del parasitismo.....	46
7.	Análisis económico	48
VII.	CONCLUSIONES.....	50
VIII.	RECOMENDACIONES	52
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
X.	ANEXOS	56

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Clasificación taxonómica del cultivo de macadamia.	4
2. Clasificación según el tipo de parasitoidismo, familias y ejemplos.	13
3. Dosis recomendada para una hectárea de <i>T. exiguum</i>	19
4. Descripción de los tratamientos que se evaluaron.	26
5. Datos de las condiciones climáticas en finca Las Margaritas del día de la liberación.	35
6. Cuadro de registro de las condiciones climáticas durante todo el experimento.	36
7. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de parasitismo a los 8 y 16 días en condiciones controladas.	38
8. Prueba de medias de T-student para las medias de parasitismo en T1 y T2.	40
9. Prueba de medias de T-student para las medias de parasitismo en T1 y T3.	40
10. Prueba de medias de T-student para las medias de parasitismo en T2 y T3.	41
11. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de distribución de parasitismo del T1y T2.	45
12. Comparación de costos de los métodos de liberación de <i>T. exiguum</i>	48
13. Resultados del muestreo en campo en el tratamiento de liberación con dron.	57
14. Resultados del muestreo en campo en el tratamiento de liberación manual.	58
15. Resultados del muestreo en campo en el testigo.	59
16. Datos transformados para la variable días de parasitismo de <i>E. torticornis</i> bajo condiciones controladas.	60
17. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo de T1 y T2.	61
18. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo para T1 y T3.	62
19. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo para T2 y T3.	63
20. Datos transformados para la variable de respuesta distribución del parasitismo para las medias de porcentaje de parasitismo de T1 y T2.	64

Índice de figuras

Figura	Página
1. Estado biológico de <i>Trichogramma</i> sp. dentro del huevo hospedante.....	16
2. Croquis de los tratamientos aleatorizados del experimento.	26
3. Cajas entomológicas utilizadas para evaluar parasitismo.	29
4. Frutos de macadamia con huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia <i>E. torticornis</i>	30
5. Colocación de frutos de macadamia con huevecillos de <i>E. torticornis</i> y liberación de <i>T. exiguum</i>	30
6. Mapa del área de vuelo del dron durante la liberación de los huevecillos de <i>T. exiguum</i>	31
7. Distribución de los puntos de liberación de las avispidas.	32
8. Liberación de <i>T. exiguum</i> de forma manual.	32
9. Huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia <i>E. torticornis</i> parasitados por <i>T. exiguum</i>	33
10. Comparación del porcentaje de parasitismo a los 8 días y 16 días.	37
11. Comparación del porcentaje de control de huevecillos de <i>E. torticornis</i> entre los tres tratamientos.	39
12. Croquis de distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación con dron.	43
13. Croquis de distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación manual.	44
14. Comparación del porcentaje de distribución de parasitismo.	45
15. Relación del porcentaje de control de <i>E. torticornis</i> y la precipitación en mm.	46
16. Severidad en campo de <i>E. torticornis</i> después de la aplicación de los tratamientos.	47
17. Recipiente en el que se trasladan los huevecillos de <i>T. exiguum</i>	65
18. Huevecillos eclosionando para la liberación manual.	65
19. Huevecillos y avispas con zoom de una lupa Macro.	66
20. Dron Phantom 4 y Bio-bot.	66
21. Comprobación de la descarga del Bio-bot de los huevecillos de los <i>T. exiguum</i>	67
22. Despegue del dron con los especialistas de Micsa.	67
23. Aterrizaje del dron después de la liberación del parasitoide.	68

24.	Compartimiento de Bio-bot vacío después de la liberación.....	68
25.	Compra de las dosis de los <i>T. exiguum</i> para la liberación total de la finca.....	69

RESUMEN

La presente investigación se realizó en finca Las Margaritas ubicada en San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez, la cual consistió en evaluar dos métodos de liberación del parasitoide *Trichogramma exiguum* para el control del barrenador de la nuez de macadamia *Ecdytolopha torticonis*.

Para la investigación se utilizaron tres hectáreas de macadamia en producción del sector Zapote, donde cada hectárea era un tratamiento; los tratamientos evaluados fueron: T1 (liberación manual) donde la dosis estaba en un recipiente plástico que contenía dentro 100,000 avispas de *Trichogramma* en estado adulto; T2 (liberación con dron) la dosis fue de 100,000 huevecillos de lepidópteros parasitados por *Trichogrammas* y T3 (testigo absoluto) sin liberación del parasitoide.

Debido a la problemática que existía en la finca de no saber cuál de los dos métodos de liberación era más eficiente y de menor costo, se tomó la decisión de evaluar los dos métodos de liberación (personal y dron), los cuales se midieron con el porcentaje de parasitismo de huevecillos del barrenador de la nuez. También se calculó el costo de cada tratamiento.

Los resultados obtenidos para la variable de respuesta días parasitismo, que se realizó bajo condiciones controladas en cajas entomológicas fue de 84% de parasitismo a los 16 días siendo superior al 45% que se obtuvo a los ocho días de liberados los parasitoides. Por esta razón la toma de datos para las siguientes variables se realizó a los 16 días después de la liberación de los *Trichogramma exiguum*.

En cuanto al parasitismo de huevecillos del barrenador de la nuez no se presentaron diferencias significativas, en la liberación manual se obtuvo 76.72% de parasitismo de huevecillos en campo y con la liberación con dron el 75% de parasitismo. Ambos métodos presentaron una variación del 1.22% lo cual estadísticamente no fue significativo. El método de liberación manual tuvo un costo de Q156.12 por hectárea; mientras que el método de liberación con dron el costo fue de Q158.00 por hectárea. Las condiciones climáticas que se mantuvieron el día de la liberación fueron de un porcentaje de humedad de 54%, una precipitación de 30 milímetros y la temperatura máxima fue de 22 C° la mínima de 17 C°.

ABSTRACT

The present investigation was carried out at the Las Margaritas farm located in San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez, which consists in evaluating two methods of releasing the *Trichogramma exiguum* parasitoid for the control of the macadamia nut borer *Ecdytolopha torticonis*.

For the investigation three hectares of macadamia will be used in production of the Zapote sector, where each hectare was a treatment; The treatments evaluated were: T1 (release manual) where the dose was in a plastic container containing within 100,000 *Trichogramma* notices in an adult state; T2 (drone release) the dose was 100,000 lepidopteran eggs parasitized by *Trichogrammas* and T3 (absolute control) without parasitoid release.

Due to the problem that exists in the farm of not knowing which of the two methods of release was more efficient and of lower cost, the decision would be taken to evaluate the two methods of release, which were measured with the percentage of parasitism of eggs of the nut borer. The cost of each treatment was also calculated.

The results obtained for the parasitism days response variable, which was performed under controlled conditions in entomological cases was 84% parasitism at 16 days, being greater than 45% obtained after eight days after the release of parasitoids. For this reason, data collection for the following variables was performed 16 days after the release of *Trichogramma exiguum*.

As for the parasitism of eggs of the nut borer there are no differences of differences, in the manual release 76.72% of parasitism of eggs in the field was obtained and with the drone release 75% of parasitism. Both methods identified a variation of 1.22% which is not statistically significant. The manual release method had a cost of Q156.12 per hectare; while the method the drone release cost was Q158.00 per hectare. The climatic conditions that maintained the day of the release were a humidity percentage of 54%, a loss of 30 mm and the maximum temperature of 22 ° C the minimum of 17 ° C.

I. INTRODUCCIÓN

La producción global aproximada de macadamia en cascara está en 120,000 toneladas por año, donde Sudáfrica es el primer país productor del mundo con 19,000 hectáreas sembradas y Guatemala es el quinto país productor de la nuez con 9,000 hectáreas sembradas en todo el territorio (Gómez Ruiz, 2018). Finca Las Margaritas tiene 235 Ha de cultivo de macadamia.

Sin embargo, los problemas fitosanitarios amenazan constantemente este cultivo, entre los que destaca el ataque del gusano barrenador de la nuez *E. torticornis*, insecto que representa el problema número uno del cultivo ya que tiene una severidad aproximada de 57.33% en finca Las Margaritas.

La larva del *E. torticornis* al atacar la nuez provoca reducción en la productividad ocasionando un daño directo al barrenar en el interior de los frutos inmaduros y un daño indirecto al provocar la caída de frutos inmaduros, esto causando perdidas en la producción.

La investigación de evaluación de dos métodos de liberación para el control del barrenador se realizó en el sector Zapote, que cuenta con un área de 44 hectáreas, las ventajas del uso de *Trichogramma* son que ayudan a reducir la incidencia de las plagas y las aplicaciones de insecticidas; son amigables con el medio ambiente porque no contaminan y eficaces en el control de plagas importantes en la macadamia.

En el área agrícola se deben de innovar las prácticas que se utilizan en el campo ya sea porque son más eficientes en su uso o tienen un menor costo económico, es por esto que la liberación de las *Trichogramma* se hará usando dos métodos, uno utilizando un dron y otro manualmente, que es la forma de liberación más conocida, esto con el fin de determinar cuál método es más eficiente para el control de los huevecillos del *E. torticornis*.

El método que llego a tener mejor resultado en cuanto a eficiencia y a economía fue el manual con un control del 76.12% y un costo de Q156.12 por hectárea.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco Conceptual

1.1. Cultivo de la macadamia (*Macadamia integrifolia*)

1.1.1. Importancia

Un aspecto importante por el que la macadamia tiene gran aceptación internacional, no sólo por su delicioso sabor, es que constituye un elemento importante para la dieta humana, pues no contiene colesterol; al contrario, está compuesta por un 74% de aceite natural, 8% de proteínas, 14% de carbohidratos, 3% de agua y 1% de ceniza. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

La nuez de macadamia es muy apreciada en el mundo y una extensa asociación con Hawai tropical (donde la nuez era primero cultivada comercialmente) le ha dado una reputación algo exótica a la macadamia. Muchos lugares del mundo aún no saborean la macadamia y cuando ellos lo hagan, la demanda por esta deliciosa nuez será más grande. Además, en otros países, como México se ha comenzado a experimentar con este producto en otra área como lo es el mercado de los cosméticos, se aprovecha el aceite de la nuez, ya que resulta ser un excelente humectante para la piel y una magnífica base para los cosméticos (Vidal Lozano, 2008)

La Macadamia, se produce en países como Hawái, Australia, Malawi, Kenya, Sudáfrica, Israel, Costa Rica, Guatemala, México, Brasil, y muchas regiones tropicales y subtropicales, incluyendo Florida. (Vidal Lozano, 2008)

1.1.2. Origen

Históricamente se relata que, desde antes de la llegada de los europeos a Australia, los aborígenes se congregaban en las lomas del llamado “Great Diving Range” –Queensland para alimentarse de la semilla de dos árboles siempre verdes, que llamaban “kindal kindal”. (Vidal Lozano, 2008)

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. 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. (Vidal Lozano, 2008)

Fue introducida en Hawái en 1881, por William Purvis, con propósitos ornamentales y de reforestación, iniciándose la moderna e importante industria de macadamia en las islas. La fecha exacta que entro a Guatemala no se conoce, pero en el año de 1958 se introdujeron semillas de variedades procedentes de Hawái. Estos materiales fueron manejados por el Instituto Agropecuario Nacional, Escuela de Agricultura y estación experimental de Chocó. (Vidal Lozano, 2008)

El Cultivo de Macadamia (*Macadamia integrifolia*). Prospera en Guatemala en altitudes de 600 a 1,600 msnm, similares a las apropiadas para el cultivo de café (*Coffea arabica*). 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. (Vidal Lozano, 2008)

El viento tiene dos efectos destructivos en este cultivo, mecánico y ambiental. Provocando doblamiento, deformación, caída de frutos inmaduros y volcamiento de árboles ocasionándole la pérdida total. Además, los vientos causan una transpiración fuerte lo que provoca deshidratación de las hojas. (Vidal Lozano, 2008)

La macadamia se adapta desde los 14 hasta los 32 grados centígrados de temperatura. Prospera en suelos franco arenosos, franco arcilloso y arcilloso, 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. (Vidal Lozano, 2008)

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. (Vidal Lozano, 2008)

1.1.3. Clasificación taxonómica de la macadamia

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de macadamia.

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Proteáceas</i>
Familia:	<i>Protaceae</i>
Subfamilia:	<i>Gravilleoideae</i>
Género:	<i>Macadamia</i>
Especie:	<i>Macadamia integrifolia</i>

Fuente: (Lemus, 2001).

1.1.4. Aspectos botánicos

Raíz: el sistema radical de la macadamia es vigoroso y se desarrolla profundamente en la primera etapa de crecimiento de la planta; luego tiende a expandirse en la superficie tanto que en la planta adulta, la gran mayoría de raíces funcionales se localizan en los primeros 40 cm del suelo, la raíz es pivotante y puede alcanzar una profundidad de 75 a 80 cm (Martínez, 2008)

Hojas: son de forma espatulada, coriáceas, color verde oscuro brillante en el haz y opacas en el envés, de diez a 40 cm. de largo por tres a 8 cm. de ancho, con bordes marcadamente ocho

ondulados con espinas o sin ellas según la variedad. La *M. integrifolia* tiene tres hojas por nudo y la *M. tetraphylla* cuatro hojas, en el estado juvenil solo presenta dos hojas. (Lemus, 2001).

Inflorescencia: se presentan en forma de racimos colgantes, de diez a 25 cm de longitud, conformado por aproximadamente de 100 a 200 flores en grupos de tres a cuatro por axila. Cada flor está sostenida individualmente por un pedúnculo corto. El cáliz tiene forma de tubo de diez a 14 mm de largo y puede ser blanco o rosado, según la variedad. Las flores de un racimo se abren en orden, iniciándose por la base. Un árbol de macadamia a los 15 años puede producir hasta 10.000 racimos durante el periodo de floración. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

Frutos: desde el punto de vista botánico, un folículo que consiste en una sola cavidad que por lo general contiene una semilla o almendra comestible. Tiene forma más o menos esférica, de 2.5 a 5.0 cm. de diámetro, con un apéndice corto y duro. La nuez en cáscara tiene 3 cm. de diámetro en promedio; la nuez en concha 2.5 cm. y la almendra 1.5 cm. La cáscara externa o pericarpio es verde, la cascara (concha) dura es de color café, dependiendo del cultivar se presenta con pigmentos de color café claros y puede ser lisa o rugosa. La deficiencia de agua y nutrientes puede resultar en un crecimiento lento del fruto que puede afectar adversamente la formación de aceite y, por consiguiente, la calidad de la nuez. El suministro de agua y la fertilización deben ser óptimos para asegurar un buen tamaño de la almendra. (Lemus, 2001).

1.1.5. Manejo agronómico

Control de Malezas: el control de malezas se hace para evitar competencia de malezas con la plantación y para mantener el plato de cosecha limpio. Integrando varios métodos de control que son:

- **Método manual:** eliminación de malezas con machete, es más utilizado en plantaciones nuevas, principalmente en la época lluviosa para evitar erosiones hídricas.
- **Método mecánico:** se utilizan chapeadoras con personal especializado y protectores, para evitar daños en los tallos; es aplicable en plantaciones adultas de 8 años en adelante.

- **Método químico:** se utiliza en plantaciones en crecimiento y se puede generalizar en la época seca, se utilizan herbicidas quemantes o sistémicos. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

Fertilización: La macadamia no tolera condiciones pobres en nutrición y a las primeras señales de deficiencia se ve una marcada reducción en la producción y luego la decadencia en la condición del árbol con menos cantidad de hojas y más distanciadas. Lo ideal es basarse en un análisis de suelos, que permita establecer los niveles de fertilidad del suelo y las distintas relaciones entre los elementos nutricionales, sin embargo, se puede recomendar los siguientes elementos y dosis: las fertilizaciones con ureas y productos basados en potasio son necesarias y se recomienda en fertilizaciones nitrogenadas una aplicación de 25 a 50 gramos por año por árbol. La fertilización con potasio se recomienda en relación de 1:1 con nitrógeno hasta un quinto año y del sexto año en adelante la relación puede variar de 1.25 a 1.50:1.

Las aplicaciones de calcio se hacen dependiendo de las condiciones de pH; las aplicaciones de cal dolomítica son regidas por el contenido de potasio y magnesio con que cuenta el suelo. El boro se puede considerar como un elemento muy importante en la nutrición de la macadamia, es responsable de la división celular, la germinación del polen, transporte de carbohidratos a través de las paredes celulares, y el desplazamiento de las hormonas en la planta. Las flores y las frutas son especialmente sensibles a la deficiencia de boro. Las aplicaciones de boro de manera foliar dan buenos resultados en el aumento de la producción, en la recuperación y aumento de la calidad de la nuez. El zinc juega una función importante en la fertilidad de la parte femenina de las flores de macadamia, las aplicaciones deben ser foliares. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

1.1.6. Principales zonas de producción en Guatemala

De acuerdo con técnicos especialistas en macadamia, las plantaciones se localizan en la boca costa del Pacífico, desde Escuintla hasta San Marcos, en altitudes que oscilan desde los mil ochocientos a cuatro mil pies sobre el nivel del mar. También se cultiva en Huehuetenango, Antigua Guatemala, Alta Verapaz, Santa Rosa y en la capital.

1.1.7. Valor nutricional

La almendra contiene de un 68% a 76% de aceite natural, 9% de proteínas, 9% de carbohidratos, 2% de fibras dietéticas y 4% de azúcar cuando están secas. Es una buena fuente de proteína, de vitaminas tales como A1, B1, B2, calcio, potasio y fibra dietética, además tiene un bajo contenido de sodio; los médicos recomiendan el consumo de nuez de Macadamia, ya que es ideal para tener un buen estado de salud.

Uno de los productos derivados de la nuez es su aceite, y según estudios realizados en Japón, al contener grasas monoinsaturadas pueden ayudar a bajar los niveles de colesterol en la sangre y reducir la incidencia de enfermedades del corazón. (Martínez, 2008)

1.1.8. Principales variedades

Las principales variedades que se cultivan en Guatemala y el mundo tienen su origen en la selección realizada en la universidad de Hawaii, donde tomaron especial interés en el alto contenido de aceite de las almendras y el mayor tamaño de estas en relación con la cascara.

Tienen además un nombre de personas destacadas en el cultivo y una numeración internacional. Las principales características de cada una se describen a continuación:

- **Haes 333 (Ikaika)** fue seleccionada en 1936, es un árbol vigoroso y resistente a los vientos, con una buena producción. Es precoz y se adapta mejor a mayores alturas, tiene buena resistencia a la antracnosis y es susceptible de desarrollarse en sitios de suelos superficiales. La calidad de la nuez es aceptable.
- **Haes 344 (Kau)** fue seleccionado en 1935 bastante productivo, con nueces de muy buena calidad y sabor aceptable, el árbol es bien formado, resistente al viento. Llega a tener una copa de seis metros de diámetro. Se adapta muy bien a elevaciones entre los 200 y 300 msnm. Tarda en entrar en producción hasta el sexto año, y es susceptible al taladrador de la nuez.

- **Haes 508 (Kakea)** fue seleccionado en 1,936, es un árbol excelente a nivel comercial, por su rendimiento excepcionalmente bueno con nueces de excelente calidad. Es un árbol vigoroso, con una copa de nueve metros de diámetro. Es una variedad bastante rustica, muy resistente, productiva y precoz; presenta dificultad al injertar, tiene tendencia a retener la nuez, es poco recomendable en zonas demasiado lluviosas
- **Haes 660 (Keaau):** fue seleccionado en 1948, es un árbol vigoroso, con excelente producción de nueces, de las cuales el 97% son de primera calidad. Tiene una copa de 6 metros de diámetro. La nuez tiende a germinar cuando se queda por más de un mes sin recoger en tiempo lluvioso. Es muy buen polinizador, por lo cual se recomienda sembrarlo intercalado con otros cultivos.
- **Haes 246 (Keauhou):** fue seleccionado en 1,953, es un árbol de vigor mediano, se adapta mejor a menor altitud. Llega a tener una copa de nueve metros de diámetros en su madurez. Esta variedad no resiste vientos fuertes ni sequias, pero una excelente resistencia a la antracnosis, ideal para las zonas con suelos de alta humedad y con una precipitación promedio anual de 1750 mm o más. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

1.1.9. Enfermedades de la macadamia

Se identifican para la macadamia enfermedades importantes entre las que destacan las siguientes: pudrición de la raíz *Amillaria mellea*, pudrición negra de la raíz *Ceratocystis fimbriata*, llaga estrellada *Rosellinia pepo*, maya *Rosellinia bunodes*, pudrición del tallo *Botryodiplodia sp*, chancros del tallo *Phytophthora cinnamomi*, tizón de la hoja *Cylindrocladium scoparium*, quema de la hoja *Pestalotia spp.*, tizón de la flor *Botrytis cinerea*, mancha de levadura *Nematospora coryli* y pudrición de la nuez *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* . (Walforth & de los Ríos, 2005)

1.1.10. Principal plaga de la macadamia

La principal plaga que ataca el cultivo de macadamia es el barrenador de la nuez es un Lepidóptero de la familia *Tortricidae*. Cuando ocurren las floraciones del mes de julio hay que iniciar un

programa de monitoreo de plagas como trips, áfidos, chicharritas etc. insectos que ocasionan daño en las inflorescencias, sin embargo, cuando las floraciones son continuas es necesario mantener un muestreo permanente para determinar poblaciones de insectos y tomar decisiones oportunas en cuanto a su control. (Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 2004)

1.1.11. Descripción del barrenador de la nuez (*Ecdytolopha torticornis*)

E. torticornis se considera como la plaga insectil más importante en ciertas áreas productoras del país. En primer lugar, ocasiona gran reducción de los rendimientos, debido a que ataca principalmente aquellas nueces que empiezan a desarrollarse, atacando también a nueces con cáscara dura. (Reyna, 1992).

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. Finalmente, dado que el cultivo se mantiene en producción constante una vez alcanzada su madurez fisiológica, se tiene que considerar durante todo el año el posible ataque del este insecto. (Reyna, 1992).

- **Síntomas**

La larva de primer instar penetra la cascara y tiende a barrenar los extremos de la nuez, porque el grosor es mayor. En la medida que la larva crece, el orificio de entrada y salida se amplía, permitiendo detectar fácilmente las nueces dañadas por la acumulación de desechos en el orificio. La mayoría de las larvas se alimentan del mesocarpio y endocarpio de las nueces, pero si la cubierta seminal (concha) no ha endurecido puede continuar barrenando hasta la almendra. En su estado larval, ocasiona un daño directo al barrenar el interior de los frutos inmaduros y un daño indirecto al provocar la caída de frutos inmaduros; el número de huevos que puede depositar una palomilla hembra adulta por ciclo varia de 2-74 huevecillos. (Blanco Metzler, 1994)

- **Ciclo biológico de la plaga**

La duración del ciclo de vida (huevo-adulto) bajo condiciones de laboratorio (23 grados C, 80 por ciento HR), es de 36 días. La incubación de los huevos varía de cinco a seis días, presenta cuatro instares larvales. En general, varía de pardo claro a pardo oscuro, con plaquetas oscuras y setas sobre su cuerpo, la duración de los tres primeros estadios es de tres a cuatro días, la del cuarto estadio es de tres a nueve días. (Food and Agriculture Organization, FAO, 1993).

El estado de pupa tiene una duración de siete a 15 quince días, empupa principalmente en las nueces, aunque también en el musgo del tronco principal, ramas laterales y en el peciolo junto al racimo. El adulto es una polilla con las alas delanteras pardo oscuro y marcas cremas y negras, las alas traseras son pardo claro. (Food and Agriculture Organization, FAO, 1993).

1.1.12. Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas (MIP), consiste en la selección, integración e implementación del control de plagas basadas en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles. Los principios básicos del MIP son los económicos, los ecológicos y los sociales. Estos principios se basan e incluyen fundamentos que forman la estructura del MIP los cuales se resumen a continuación:

- La integración de disciplinas (Entomología, Estadística y Fitopatología).
- La integración de estrategias (objetivos) y tácticas (métodos de control).
- La existencia y conservación del control natural.
- El conocimiento del sistema de producción.
- El entendimiento del contexto socioeconómico y político. (García Escobar, 2007)

1.1.12.1. Control biológico

El control biológico es el uso o manejo de enemigos naturales nativos, introducidos o genéticamente modificados (depredadores, parásitos, parasitoides y patógenos de plagas) y otros organismos benéficos seleccionados (antagonistas, competidores y alelopáticos), y sus productos, para reducir las poblaciones y los efectos de las plagas. (García Escobar, 2007).

El hombre puede utilizar y manipular factores inherentes al control biológico y, por tanto, favorecer cambios en los diferentes grados de control biológico de una plaga. Por otro lado, el control biológico de un insecto que se alimenta sobre un cultivo de valor puede llevarse a cabo en forma natural, por parásitos, depredadores o patógenos nativos. (García Escobar, 2007).

El hombre puede no llegar a saber que tal control está ocurriendo a menos quizás, de que algunas prácticas para el control de plagas o prácticas culturales afecten adversamente a los enemigos naturales, hasta el punto de que den origen a brotes explosivos del insecto plaga. El mantenimiento del grado existente de control biológico de las plagas potenciales puede ser de suma importancia para el hombre. Esto nos lleva a una consideración del alcance de las actividades que el hombre ha desarrollado debido a su interés en el control biológico. (García Escobar, 2007).

Es conveniente recordar que el control biológico es parte de programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y como tal debe ser integrado con otros métodos de control de plagas que sean compatibles y altamente selectivos a los organismos benéficos. Las prácticas culturales, mecánicas y físicas, la utilización de feromonas, atrayentes y repelentes vegetales, las soluciones jabonosas y aceites vegetales son, entre otras, alternativas para integrar al control biológico natural, o inducido por el hombre, a través de programas de liberación de parasitoides y predadores, o mediante la aplicación de entomopatógenos. (Martínez, 2008).

El beneficio ecológico que se deriva del uso del control biológico será más claro y eficaz si todos los agricultores adoptan las prácticas recomendadas, si hay continuidad en su adopción, si hay asesoría y capacitación permanentes. (Martínez, 2008).

1.1.12.2. Parasitoides

Los parasitoides son organismos que parasitan y matan a su hospedero, a diferencia de los verdaderos parásitos, los cuales dependen de un hospedero vivo para su supervivencia y no necesariamente causan la muerte, tienen un tamaño generalmente menor que el de su hospedero y son de otra clase taxonómica. El parasitoide es un organismo que en su estado inmaduro vive dentro o sobre otro organismo, se alimenta de su hospedero y lo mata lentamente. (López, 2001)

- **Clasificación de los parasitoides**

Por su localización en el hospedante, se clasifican en ectoparasitoides, aquellos que se encuentran y alimentan en el exterior del hospedante, y endoparasitoides, que son los que se ubican y alimentan en el interior de su hospedante. (García Escobar, 2007)

Por el número de individuos que emergen del hospedante, se clasifican en solitarios aquellos en los cuales un solo individuo se desarrolla dentro de su hospedante, y los gregarios en los cuales se desarrollan varios parasitoides en un hospedante. (García Escobar, 2007)

Por la estrategia de desarrollo que utilizan, los parasitoides se clasifican en idiobiontes, donde la larva del parasitoide, se alimenta de un hospedante que detiene su desarrollo después de ser parasitado (parasitoides de huevo, larva y pupa). Un ejemplo de este tipo de parasitoide es *Trichogramma spp.*, parasitoide de huevos de lepidópteros; y los koinobiontes, en los cuales la larva del parasitoide se alimenta de un hospedante que continúa desarrollándose después de parasitado (parasitoides huevo-larva, larva-pupa). (García Escobar, 2007)

Por el estado del hospedante que parasitan y emergen, pueden ser parasitoides de huevo, como por ejemplo *Trichogrammatidae* y *Scelionidae*, de larva-larva: *Apanteles* y *Cotesia*, de larva-pupa: *Belvosia*, entre otros. (García Escobar, 2007)

Cuadro 2. Clasificación según el tipo de parasitoidismo, familias y ejemplos.

Tipos de parasitoides	Familias	Ejemplos
De huevo	<i>Mymaridae</i>	
	<i>Trichogrammatidae</i>	<i>Trichogramma spp.</i>
	<i>Scelionidae</i>	<i>Trissolcus spp.</i>
De huevo-larva	<i>Braconidae</i>	<i>Chelonus spp.</i>
De ninfas	<i>Aphidiinae</i>	<i>Diaeretiella</i>
De larva	<i>Ichneumonidae</i>	
	<i>Braconidae</i>	<i>Cotesia flavepis</i>
	<i>Tachinidae</i>	
De pupa	<i>Chalcididae</i>	<i>Spalangia spp.</i>
	<i>Ichneumonidae</i>	
	<i>Pteromalidae</i>	
De larva-pupa	<i>Braconidae</i>	<i>Opius</i>
	<i>Braconidae, Tachinidae</i>	<i>Belvosia spp.</i>

Fuente: (García, 2007).

- **Ciclo de vida y modo de acción de los parasitoides**

El ciclo de vida de un parasitoide, se compone de una serie de fases continuas. El apareamiento entre hembras y machos ocurre cerca del hospedante del cual emergieron los adultos del parasitoide, o lejos del hospedante, utilizando mecanismos de atracción como las feromonas. (García Escobar, 2007)

Luego sigue una fase de alimentación de los adultos, que puede ocurrir tanto antes como después de que pongan sus huevos, durante la cual se alimentan del néctar de las flores o del mismo hospedante que van a parasitar. (García Escobar, 2007)

Posteriormente se inicia la localización del hospedante, durante la cual la hembra del parasitoide es atraída primero hacia la planta, donde participan atrayentes de largo alcance como sustancias químicas del insecto hospedante. (García Escobar, 2007)

Luego participan atrayentes de corto alcance, los cuales atraen al parasitoide hacia su hospedante por medio de sustancias menos volátiles producidas por el insecto. Luego la fase de oviposición (parasitación), en la cual la hembra del parasitoide deposita sus huevos, esta puede o no paralizar a la larva antes de ovipositar; puede poner más o menos huevos, según el tamaño del hospedante, o puede poner huevos que originen hembras o machos, según el tamaño del insecto hospedante. (García Escobar, 2007)

Seguidamente viene la fase de desarrollo larval del parasitoide, la cual depende del tamaño del insecto hospedante, de la etapa en la que fue parasitado, y si paraliza a su hospedante. Continúa la fase de formación de pupa del parasitoide que ha completado su desarrollo larval, la cual puede ocurrir tanto dentro del insecto hospedante como fuera de él. (García Escobar, 2007)

Finalmente, ocurre la emergencia de los adultos; normalmente, los machos emergen antes que las hembras. (García Escobar, 2007)

1.1.12.3. Parasitoides de huevo

Los parasitoides de huevos son insectos benéficos o avispidas diminutas, pertenecientes al orden himenóptera, principalmente de las familias *Trichogrammatidae*, *Scelionidae*, *Braconidae* y *Mymaridae*. (García Escobar, 2007)

En la naturaleza se encuentra una gran diversidad de especies de parasitoides de huevos, y los géneros *Trichogramma sp.* y *Telenomus sp.* son los que incluyen el mayor número de especies que actúan principalmente contra plagas del orden Lepidóptera. (García Escobar, 2007)

En los huevos parasitados por *Trichogramma sp.*, *Telenomus sp.* o cualquier otro parasitoide se detiene el desarrollo de las larvas de la especie plaga y este proceso es reemplazado por la formación de nuevos adultos de los insectos benéficos, los cuales, al multiplicarse en el campo,

incrementan los porcentajes de parasitismo natural, más el parasitismo inducido que se produce con liberaciones de manera comercial de los mismos, logran reducir significativamente las poblaciones de las plagas hacia las cuales se dirigen estos controles biológicos. (García Escobar, 2007)

1.2. *Trichogramma* sp. (Himenoptera: Trichogrammatidae)

- **Importancia**

Género constituido por avispidas diminutas con facultades gregarias que atacan los huevos de las polillas y mariposas. Su importancia en el control biológico radica en la facilidad con que se pueden producir masivamente, utilizando polillas de granos almacenados, y en la facilidad de liberarlos en el campo para el control de Lepidópteros, Coleópteros, Dípteros, entre otros. (García Escobar, 2007)

- **Morfología del adulto**

Es una avispidita de 0,5-0,8 mm de longitud, amarilla con marcas pardas en el mesosoma y dorso de los fémures, y metasoma más oscuro en el medio del tercio apical. El macho presenta una coloración parda más extensa; su antena tiene setas largas y delgadas, el ancho de cada seta disminuye a lo largo de la seta. La longitud de la seta más larga es 2,7-3,7 veces más larga que el ancho máximo de la antena, los ojos son de color rojo. (García Escobar, 2007)

- **Ciclo de vida**

Después de que la hembra ha sido fertilizada por el macho, es atraída primero por los olores de la planta y también se orienta hacia las feromonas sexuales femeninas de la polilla hospedante que la atrae al área donde depositan los huevos. Cuando llega a la planta, la hembra de *Trichogramma* recorre y busca sistemáticamente en las hojas y localiza el área donde las polillas adultas estuvieron y dejaron escamas. La hembra localiza los huevos, los examina y detecta si están o no parasitados. (García Escobar, 2007)

El parasitoide *Trichogramma* selecciona los huevos de mejor calidad y los perfora con su ovipositor inyectando un veneno que empieza a digerir el contenido del hospedante. Posteriormente pone uno o más huevos dentro del huevo hospedante. La hembra después de ovipositar marca el huevo. El huevo parasitado cambia de color blanco a negro a los tres ó cuatro días. Los machos adultos emergen primero y se aparean con las hembras a medida que emergen. Las hembras se dispersan desde el hospedante. (García Escobar, 2007).

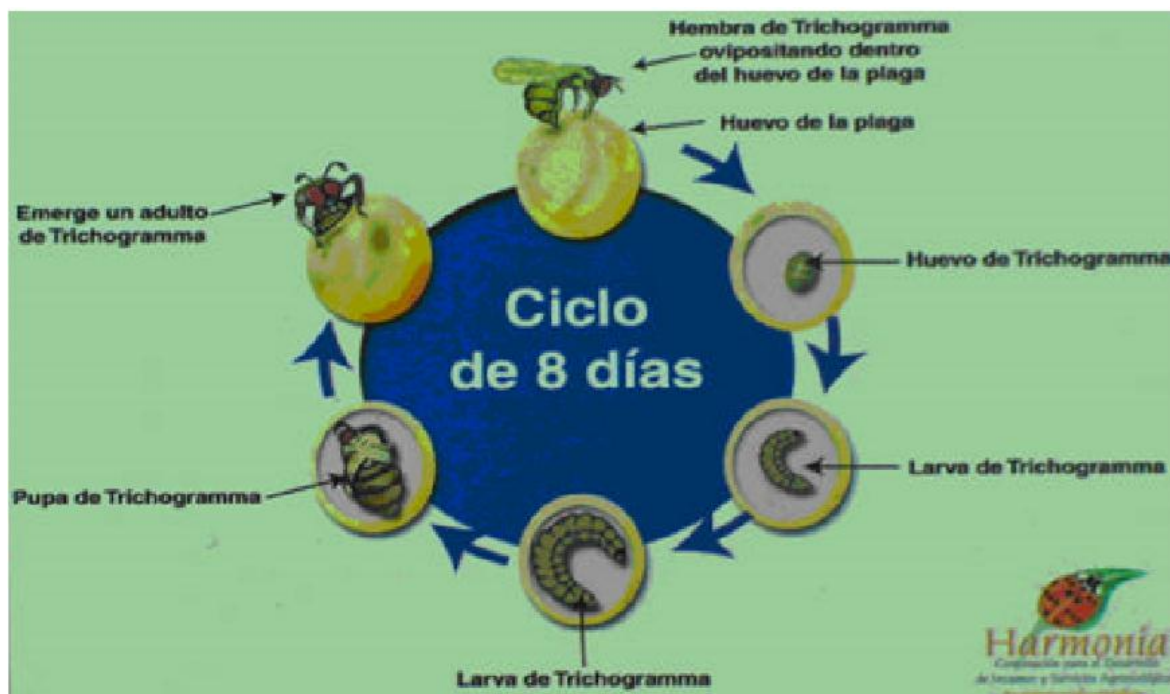


Figura 1. Estado biológico de *Trichogramma* sp. dentro del huevo hospedante.

Fuente: (García, 2007).

1.3. Características del Dron Phantom 4

1) Información técnica:

a) DJI Phantom 4 (Avanzado, PRO o PRO V2.0)

- Tiempo de batería: 30 min.
- Tiempo de vuelo: 22 - 25 min.

- Tiempo de seguridad: 5 - 8 min.
- Typ. velocidad de liberación: 40 km / h
- Typ. ancho entre líneas: 20 m
- Typ. tasa de liberación: 2.5 ml / ha = ~ 100,000 avispa (tasa para caña de azúcar)
- Tipo de liberación: constante, como una pulverización.

b) BioBOT para Phantom 4

- Peso (HW + MEC): ~ 211 g
- Capacidad del compartimento: 190 ml
- Entrada de energía: 9-36V
- Corriente @ 12V: 200mA
- Consumo de energía @ 12V: 2,4W

c) Trichogramma Galloi

- Peso (2 días hasta el nacimiento): 10 ml = 4,54 g

2) Entrada biológica:

a) Trichogramma Galloi

- Puede guardarse en el refrigerador o en un refrigerador hasta que lo sueltes
- Puede guardarse en bolsas de papel o cajas de papel
- Antes de liberarlo, dejar un mínimo de 15 minutos fuera del refrigerador (puede producirse condensación en el compartimento)
- No es necesario, pero puede usar material inerte como el grafito para separarlos

b) Cantidades al trabajar

- 250 ml por cada 100 ha
- 50 ml extra para hacer los bordes

1.4. Formas de liberación de *Trichogramma*

1.4.1. Liberación con personal

Se recomienda realizar liberaciones semanales de 20 pulgadas cuadradas por hectárea. La distribución de las avispas en el campo debe hacerse lo más uniformemente posible, para lo cual contamos de 15 a 20 hilos desde la orilla del cultivo e introduciéndolos en el surco, caminando a todo lo largo, destapando el frasco cada 50 pasos, colocándolo cerca de las plantas y golpeándolo para que salgan las avispas, para luego taparlo, repitiendo esta operación sucesivamente cada 50 pasos. (López Maldonado, 2000)

Al terminar el surco, en el otro extremo se cuentan 30 hilos introduciéndose en el surco y repitiéndose la operación anterior hasta que observemos que han salido todas las avispas; se tapa el frasco con la tela colocándole la banda de goma y se guarda hasta el otro día cuando se nota que han salido nuevas avispas, continuándose el recorrido del terreno. Así, al segundo o tercer día y al terminar de hacer el recorrido, se sacan las cartulinas, colgándolas en las hojas bajas de las plantas. (López Maldonado, 2000)

1.4.2. Liberación con Dron

La liberación con dron se realiza colocando 100,000 huevecillos de *Trichogrammas exiguum* en un biobot el cual está programado para hacer una liberación constante en campo, luego se coloca el biobot a un dron phantom 4 y el cual vuela a una altura de 30 metros por encima de los árboles de macadamia a una velocidad de 40 km/hr. (Micsa, 2015)

1.5. Dosis recomendadas de *Trichogrammas exiguum*

La liberación debe de realizarse a favor de la corriente del viento y en donde no se haya aplicado insecticida, aplicando 100,000 avispas/hectárea esto puede llegar a tener un 36.58% o más de parasitismo por postura en huevecillos. (Haro Valverde, 2016)

Cuadro 3. Dosis recomendada para una hectárea de *T. exiguum*.

Cultivos	Plagas	Dosis (Pulgadas/ha)
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) Maíz (<i>Zea mays</i>) Sorgo (<i>Sorghum sp.</i>) Trigo (<i>Triticum sp.</i>) Arroz (<i>Oryza sativa</i>) Macadamia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	Barrenador de la nuez (<i>E. torticornis</i>)	100,000 individuos/ha

Fuente: (Micsa, 2015).

1.6. Antecedentes en el uso de *Trichogramma sp.*

En la Estación Experimental de Araure se han obtenido resultados exitosos en el control de huevos de plaga del Lepidóptero (*Alabama argillacea*), que afecta el cultivo del algodón en la Región de los Llanos Occidentales, mediante liberaciones continuas del parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley, el parasitismo que se alcanzó supera entre el 80 y 90% de las oviposiciones de *Alabama argillacea*, protegiéndose el cultivo de daño por larvas, las cuales difícilmente pueden ser detectadas sobre las plantas. (López Maldonado, 2000)

En la “Evaluación de *Trichogramma pretiosum* para el control Gusano barrenador (*Strymon basilides*) en el cultivo de la Piña (*Ananas comosus*), en la finca Popoyá, Santa Lucia, Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, se utilizaron dos dosis de *Trichogramma* y un producto químico de los cuales se obtuvo el siguiente resultado: para el tratamiento 1, que corresponde al control biológico de 45000 avispas por tratamiento se obtuvo un 31% de parasitismo en los huevecillos de *Strymon basilides*, para el tratamiento 2, que corresponde al control biológico de 90000 avispas por tratamiento se obtuvo un 33 % de parasitismo en los huevecillos de *Strymon basilides* y finalmente para el tratamiento 3, que corresponde al control químico con Carbaril: N-

naftil metilcarbamato (Sevin 5 G o Sevin 80 WP), en una dosis de 3 kg por hectárea, se obtuvo un 36 % de parasitismo en los huevecillos de *Strymon basilides*. (García Escobar, 2007).

2. Marco Referencial

2.1. Ubicación geográfica

La evaluación se llevará a cabo en el sector la Unión de la finca Las Margaritas, se encuentra ubicada en el Municipio de San Francisco Zapotitlán, del Departamento de Suchitepéquez. Geográficamente está ubicada en las siguientes coordenadas: latitud Norte 14°37'8.3" y longitud Oeste 91°30'50.9". La precipitación pluvial en el año 2018 fue de 3000 mm.

2.2. Limites, extensión y vías de acceso

La finca es de 315 Ha. Colinda al norte con finca Las Nubes, al sur: Finca El Recuerdo, al este: con el Rio Chita, al oeste: Finca Elena. La vía principal de acceso se encuentra ubicada en el kilómetro 169 de la capital en el departamento de Suchitepéquez. Para lograr llegar a finca Las Margaritas se toma la carretera Interamericana hacia Mazatenango y se cruza en el km 160, a 9 km al norte, se encuentra finca Margaritas, pasado por el municipio de San Francisco Zapotitlán.

2.3. Clima

Finca Margaritas se ubica en un regios de clima húmedo, con poca pluviosidad, con vegetación de bosque natural, esta no tiene una estación seca definida, la temperatura promedio es de 26°C y tiene una humedad relativa promedio anual del 85%. La finca se encuentra ubicada a 780 metros sobre el nivel del mar.

2.4. Zonas de vida

La zona de vida dentro de la que se encuentra la finca Las Margaritas es: zona de vida de "Bosque muy húmedo subtropical cálido (norte)".

2.5. Suelo

Los suelos predominantes de la zona son suelos profundos de materiales volcánicos, así como también suelos poco profundos en las pendientes inclinadas, que es un índice de erosión.

2.6. Hidrografía

La finca se abastece para agua de riego del río Sis, río Negro y río Chita, para uso del caso de la finca y de los caseríos se utiliza agua de cinco nacimientos que se encuentran en el interior de la finca.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el parasitismo de huevecillos del barrenador de nuez de macadamia *Ecdytolopha torticornis*.

2. Objetivos específicos

2.1. Registrar las condiciones climáticas en las que se trabajó la evaluación.

2.2. Evaluar el número de días en el que se encuentra un mayor número de parasitismo de *T. exiguum* sobre los huevecillos de la plaga del barrenador de la nuez *E. torticornis* bajo condiciones controladas.

2.3. Determinar cuál forma de liberación de *T. exiguum* es la que se presenta el mayor porcentaje de parasitismo del barrenador de la nuez *E. torticornis* en la plantación de macadamia.

2.4. Establecer el costo de liberación por hectárea de los dos métodos de liberación del parasitoide en estudio.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis nula

- **H₀:** Las formas de liberación de *Trichogramma exiguum* a evaluar producirán el mismo efecto sobre la variable de respuesta número de huevecillos parasitados de barrenador de la nuez.

Hipótesis alternativa

- **H_a:** Las formas de liberación de *Trichogramma exiguum* a evaluar producirán un efecto diferente sobre la variable de respuesta número de huevecillos parasitados de barrenador de la nuez.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de realización del experimento

La evaluación se realizó en sector “Zapote” de Finca Las Margaritas, en el municipio de San Francisco Zapotitlán del departamento de Suchitepéquez.

2. Material y equipo

- ✓ 306 árboles de macadamia de 15 a 25 años de edad.
- ✓ 1 lb de pita de polipropileno.
- ✓ 12 estacas de madera.
- ✓ 200,000 *Trichogramma exiguum*.
- ✓ 1 Dron Phantom 4 y BioBot.
- ✓ 1 estudiante de EPS.
- ✓ 1 piloto de dron.

3. Material experimental

Para la realización de la investigación se utilizarón 3 Ha de macadamia en producción y 200,000 avispitas de *Trichogramma exiguum* y un Dron más personal operativo del dron y de liberación manual en el campo.

4. Metodología

4.1. Análisis experimental

Los tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria realizando una comparación de medias para ello se utilizó la prueba T Student.

Los tratamientos a evaluar se presentan a continuación:

- T1= liberación con personal
- T2= liberación con dron
- T3= testigo absoluto (sin liberación de *Trichogramma*)

4.2. Tratamientos

Cada tratamiento estará compuesto por 102 árboles en los cuales están presentadas las variedades de macadamia 333, 508, 344, 660 y clon margaritas distribuidos aleatoriamente de una edad de 15 a 25 años dentro de una hectárea.

En este sector en el mes de octubre del 2018 ya se había realizado una liberación de *Trichogramma* en dosis de 100,000 avispitas por hectáreas, la liberación se realizó de forma manual. También es importante mencionar que no se había realizado ningún estudio de evaluación de parasitismo en dicho lugar.

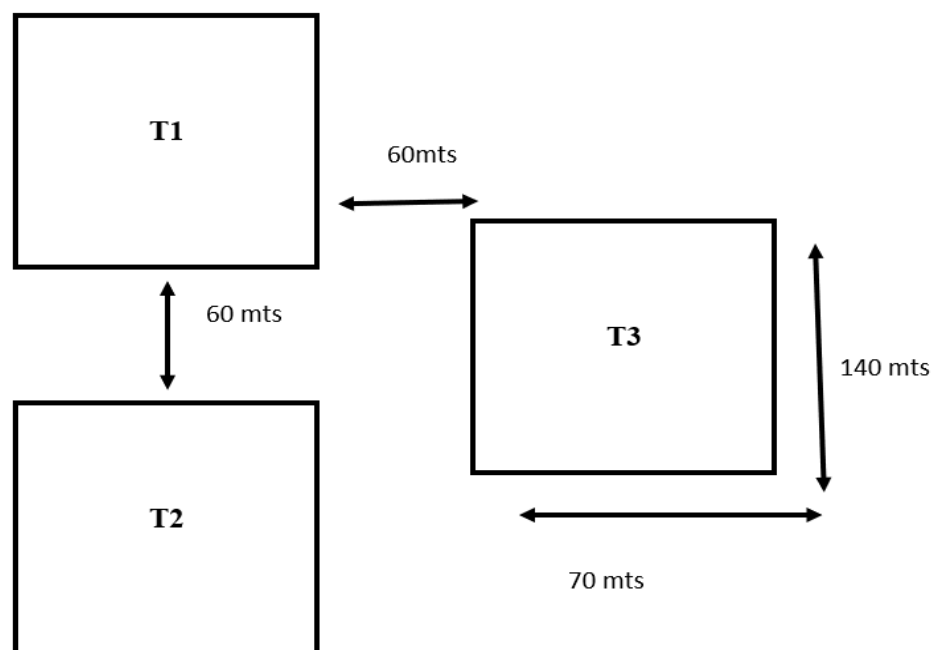
Los diferentes tratamientos a evaluar, se describen de manera más clara y detallada a continuación en el cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos que se evaluaron.

Forma de aplicación	Dosis	Tratamientos
Con personal/manual	100,000 insectos/Ha	T1
Con drones	100,000 insectos/Ha	T2
Sin aplicación	Testigo absoluto	T3

En la liberación manual la dosis consistió en un recipiente plástico de color blanco (ver figura 17) que contenía dentro las 100,000 avispitas de *Trichogramma* en estado adulto. La liberación con dron fue utilizando una dosis de 100,000 huevecillos de lepidópteros parasitados por *Trichogramma* con un aproximado de 8 horas para la eclosion de las avispitas parasitoides.

4.3. Croquis del experimento

**Figura 2.** Croquis de los tratamientos aleatorizados del experimento.

La severidad encontrada en las unidades experimentales oscilo entre 65% y 55% en el mes de abril del año 2019.

4.4. Tamaño de la muestra

Para determinar el número de árboles de macadamia que se muestrearon para determinar las variables de respuesta por cada tratamiento se utilizó la siguiente formula.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} =$$

$$n = \frac{102 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(0.10^2 * 102) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 49.46$$

$$n = 50 \text{ arboles de macadamia}$$

Se logró determinar el número de muestra fue de 50 árboles de macadamia para cada tratamiento, el muestreo se realizó de manera aleatoria.

4.5. Variable de respuesta

- **Días de parasitismo:** se tomó una muestra de 50 frutos con huevecillos de *E. torticornis* y se colocaron 100 frutos en cada una de las dos cajas entomológicas que se utilizarón, la primera toma de datos se realizó a los ocho días y la segunda toma a los 16 días para determinar los días en que se presenta mayor porcentaje de parasitismo, esta variable se midió contando los frutos con huevecillos parasitados.
- **Numero de huevecillos parasitados:** Luego de haber realizado la liberación de los parasitoides se procedió a muestrear los 50 árboles por tratamiento con el fin de contar la cantidad de huevos del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis* parasitados por los *T. exiguum*, que se encontraban en un racimo de frutos del árbol, el racimo tenía un mínimo de cinco frutos de macadamia. Este muestreo se realizó a los 16 días después de la liberación de los parasitoides, en donde se tomó el racimo de frutos y se contó cuantos huevecillos parasitados y no parasitados habían, tomando el total de huevecillos encontrados por racimo son equivalentes al 100%, para sacar el porcentaje de parasitismo

se dividió el número de huevecillos parasitados dentro del total de huevecillos encontrados por racimo.

- **Distribución del parasitismo:** se tomó una muestra de 50 árboles los cuales se marcaron en un croquis de distribución, colocándolos de acuerdo a su posición en campo el porcentaje de parasitismo se tomó con la misma metodología que en la variable anterior.

5. Análisis de la información

Para las variables días de parasitismo, numero de huevecillos parasitados y distribución del parasitismo se realizó una transformación de los datos usando el método paramétrico basado en $\arcsen\sqrt{p}$ (% de parasitismo) antes de realizar la prueba de comparación de medias de T- Student, a un 5% de significancia.

6. Análisis económico

Para determinar el costo de las dos formas de liberación de los *Trichogramma* se realizó una comparación de costos, comparando el costo que presento el método de liberación con dron y el costo que presento el método de liberación manual, donde se tomó en cuenta la efectividad de cada método utilizado y el costo para determinar cuál de los dos métodos es más efectivo.

7. Manejo del experimento

7.1. Delimitación del área

Con una cinta métrica se trazaron las tres parcelas de 100 metros de largo por 100 metros de ancho, se dejaron 60 metros entre cada parcela, dentro de cada parcela se aplicaron los distintos tratamientos. Estas se delimitaron con pita de nylon y estacas para su fácil identificación.

7.2. Caja entomológica

Se utilizaron dos cajas entomológicas de madera con las medidas de 52 cm de ancho por 33cm de alto por 41 cm de profundidad, en la parte de arriba se le coloco un vidrio de 30 cm de alto por 42

cm de ancho, las cajas se forraron con una tela especial de microfibra color negro esto con el fin de evitar que las avispidas al eclosionar escaparan.

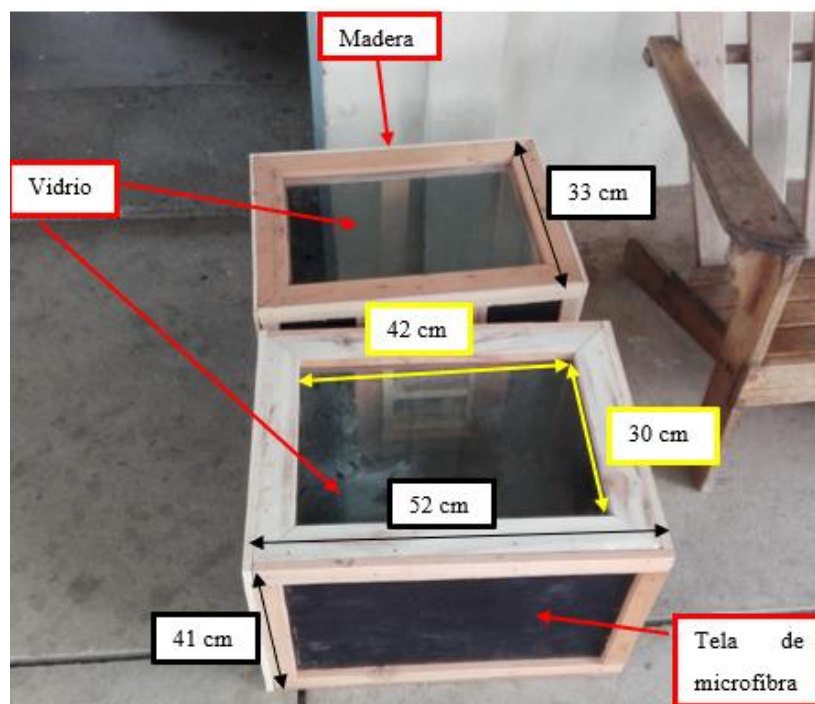


Figura 3. Cajas entomológicas utilizadas para evaluar parasitismo.

7.3. Recolección de los frutos ovopositados

La recolección de los frutos ovopositados se realizó en campo donde se recolectaron de manera manual y aleatoria frutos que tuvieran un huevecillo sin parasitar, hasta llegar a tener 100 frutos con 100 huevecillos.

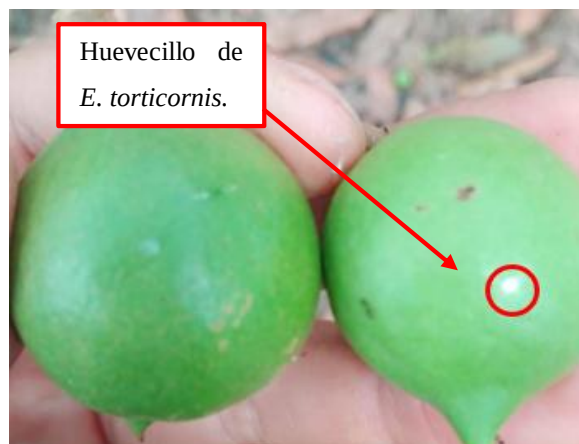


Figura 4. Frutos de macadamia con huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis*.

5.4. Colocación de frutos y liberación de *T. exiguum*

La colocación de los frutos dentro de las cajas entomológicas se realizó cuidadosamente para no lastimar los huevecillos de la plaga dentro de la caja, luego se introdujo un tubo de ensayo con 40 *T. exiguum* y se abrió el tubo de ensayo para liberar las avispas y estas parasitarán los huevecillos del barrenador de la nuez, el mismo procedimiento se ejecutó para la segunda caja entomológica.

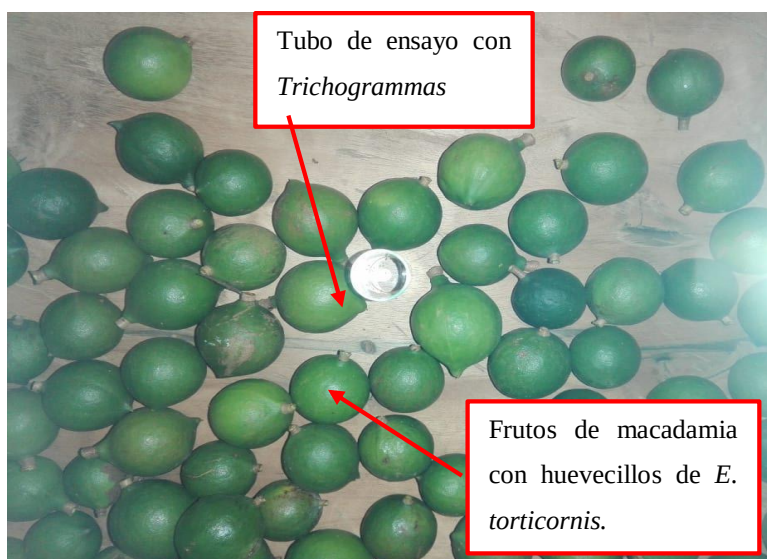


Figura 5. Colocación de frutos de macadamia con huevecillos de *E. torticornis* y liberación de *T. exiguum*.

5.5. Liberación con drones

Para el método de liberación con dron se utilizó un dron Phantom 4, el cual voló a una altura de 30 a 40 metros, esto dependió de la altura de los árboles, el dron voló a una velocidad de 40km/h y su vuelo era constante durante toda la liberación de los *T. exiguum*, luego se trasladó al siguiente surco de macadamia y se repitió el proceso hasta hacer la liberación total de los *T. exiguum* en toda el área. La liberación se realizó antes de las 10:00 horas, para evitar la lluvia y que no existan vientos fuertes en el área.

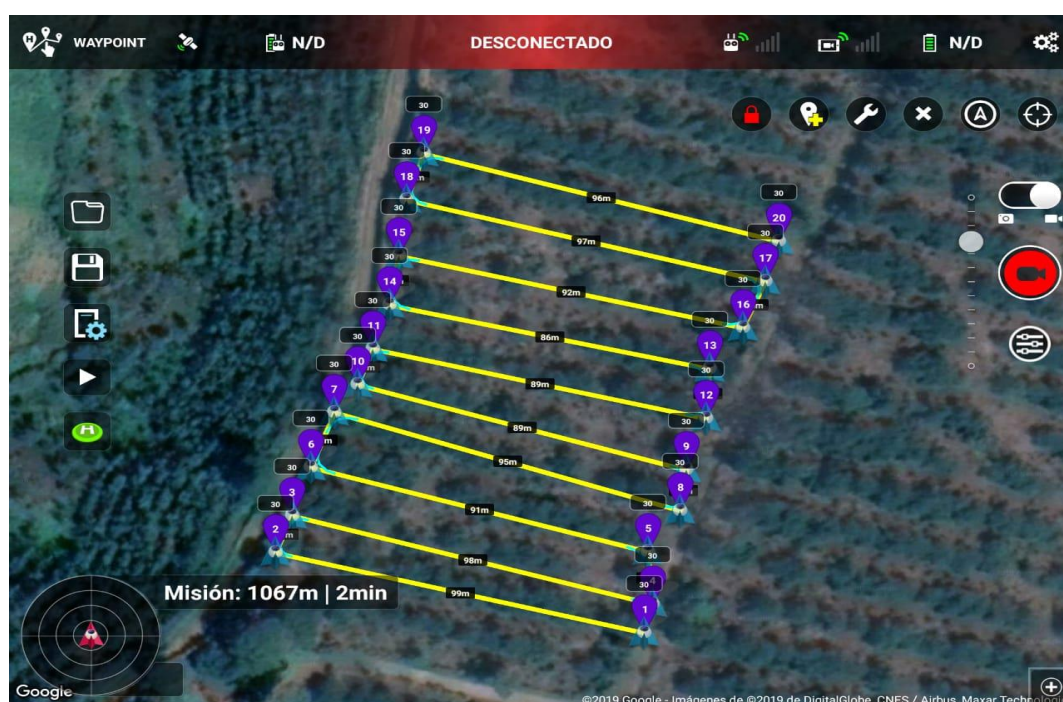


Figura 6. Mapa del área de vuelo del dron durante la liberación de los huevecillos de *T. exiguum*.

Fuente. (Micsa, S.A., 2019).

7.6. Liberación con personal

La liberación se realizó a cada 20 pasos, la persona abrió el recipiente durante 30 segundos, luego caminó otros 20 pasos y volvió a abrir el recipiente y así sucesivamente en el surco, luego de terminar el surco se trasladó al siguiente surco y se repitieron los primeros pasos y así

sucesivamente hasta hacer la liberación en toda el área. Se liberaron antes de las 10:00 horas, para evitar la lluvia y que no existan vientos fuertes en el área.

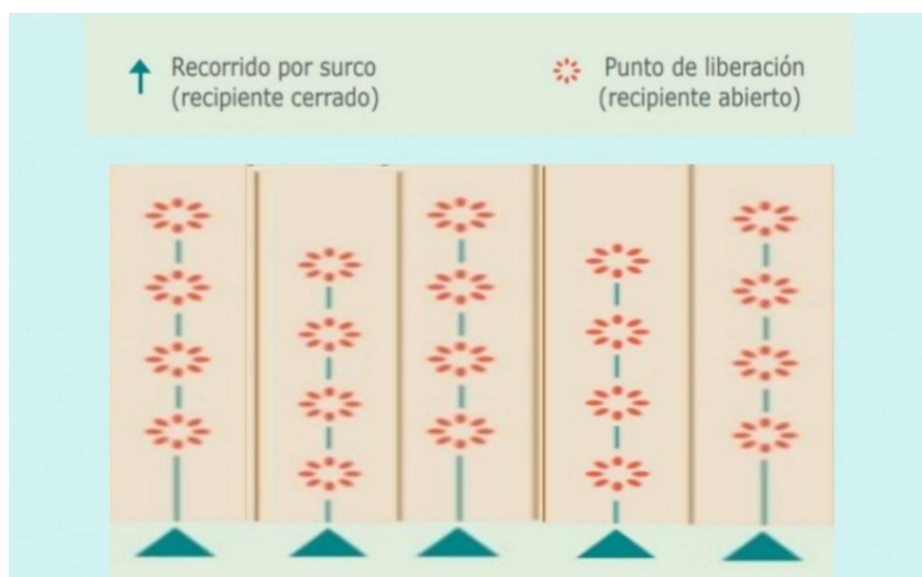


Figura 7. Distribución de los puntos de liberación de las avispas.

Fuente: Cenicaña (2015).



Figura 8. Liberación de *T. exiguum* de forma manual.

7.7. Muestreo de huevecillos parasitados

El muestreo de huevecillos se realizó tomando los datos de severidad y control el mismo día, donde se tomó un racimo del árbol y se contaron cuantos frutos tiene el racimo, luego cuantos huevecillos no parasitados tiene y cuantos huevecillos parasitados tiene.

Teniendo el número de frutos por racimo para tener el dato de severidad se sumaron los huevecillos parasitados y no parasitados y se dividieron en el número de frutos por racimo así se obtuvo el dato en porcentaje de severidad. para el porcentaje de control se tomo el dato de severidad y se dividió dentro del numero de huevecillos parasitados, el resultado puede llegar a dar 1 debido a que si llegaron a tener un 100% de parasitismo algunos racimos en campo.

Estos se identificaron fácilmente debido a que el parasito se observa en los huevecillos como un punto de color negro o de color café marrón.



Figura 9. Huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis* parasitados por *T. exiguum*.

7.8. Condiciones climáticas registradas el día de la liberación del parasitoide

La toma de datos se realizó monitoreando la temperatura con un termómetro de mercurio que registra la máxima y mínima temperatura, la humedad se tomó con un hidrómetro y la precipitación se tomó con un pluviómetro los datos.

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Condiciones climáticas durante la liberación del parasitoide

La evaluación de dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el control del barrenador de nuez *Ecdytolopha torticornis* en el cultivo de macadamia *Macadamia integrifolia*, en finca Las Margaritas, se llevó acabo en el mes de abril bajo las condiciones climáticas que se detallan en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. Datos de las condiciones climáticas en finca Las Margaritas del día de la liberación.

Humedad %	Precipitación mm	Temperatura C°	
		Máxima	Mínima
54	30	22	17

En el cuadro 5 se detallan los datos de las condiciones climáticas que se presentaron en el 11 de abril del presente año que fue el día de la liberación de los parasitoides en el que se puede observar que hubo un porcentaje de humedad de 54%, una precipitación de 30 milímetros y una temperatura máxima de 22 C° y una mínima de 17 C°, estas condiciones climáticas presentaron una buena adaptabilidad de las avispidas en cuanto al parasitismo para el control del barrenador de la nuez.

Cuadro 6. Cuadro de registro de las condiciones climáticas durante todo el experimento.

Días	Humedad relativa %	Precipitación (mm)	Temperatura Máxima C°	Temperatura mínima C°
16	46.4	55	24.4	17.1
34	45.7	412	24.6	17.1
52	45.2	386	24.9	17.1
70	45.1	330	24.9	17.1
88	45.1	207	24.9	17.0

En el cuadro 6 se puede observar los promedios de humedad relativa y de temperatura que se presentaron durante todo el experimento, la humedad relativa, la temperatura máxima y mínima prácticamente no tuvieron variación. Lo que si varió fue la precipitación pluvial, ya que a los 16 días era de 554 mm y los 34 y 412 mm que fue el acumulado más alto.

2. Variable días de parasitismo bajo condiciones controladas

El parasitismo de huevecillos de *E. torticornis* a nivel de laboratorio se presentan en la figura 10.

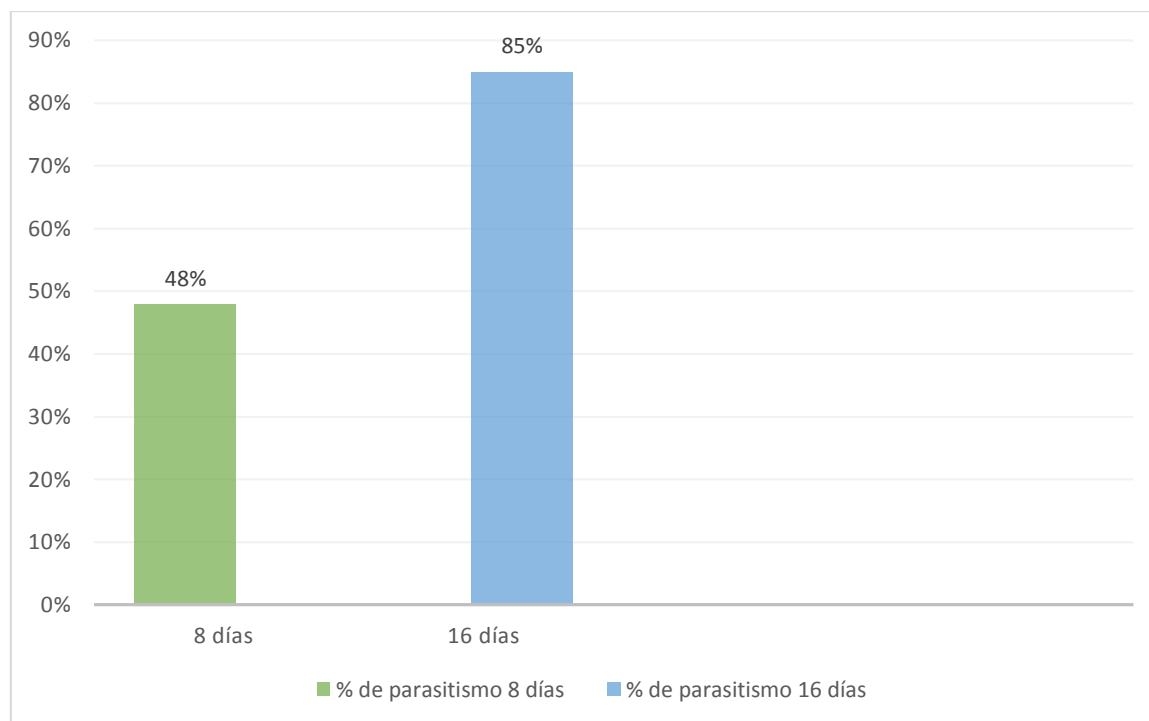


Figura 10. Comparación del porcentaje de parasitismo a los 8 días y 16 días.

En la figura 10 se puede observar claramente que si existen diferencias entre la media del porcentaje de parasitismo que se observó a los ocho días que es de 48% y la media del porcentaje de parasitismo que se observó a los 16 días que es de 85%.

Se procedió a realizar una transformación de datos para luego realizar la prueba de comparación de medias de T de Student (ver cuadro 16) en la que se obtuvo el siguiente resultado.

Cuadro 7. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de parasitismo a los 8 y 16 días en condiciones controladas.

	%parasitismo 8 días	%parasitismo 16 días
Media	0.213442327	0.294584153
P(T<=t) dos colas	0.002511309	*

En el cuadro 7 se observa que estadísticamente y con un nivel de significancia del 5% podemos decir que para la variable de respuesta días de parasitismo luego de realizar una prueba de medias de T-student si existen diferencias significativas estadísticamente y se acepta la hipótesis alternativa, por lo que se puede concluir que el porcentaje de parasitismo que se obtuvo a los 16 días es mayor que el parasitismo que se obtuvo a los ocho días, por esta razón la toma de datos para las siguientes variables se realizó a los 16 días después de la liberación de los *T. exiguum*.

3. Variable número de huevecillos parasitados

El parasitismo de *E. torticornis* por *T. exiguum*, en porcentaje de todos los tratamientos se presentan en la figura 11.

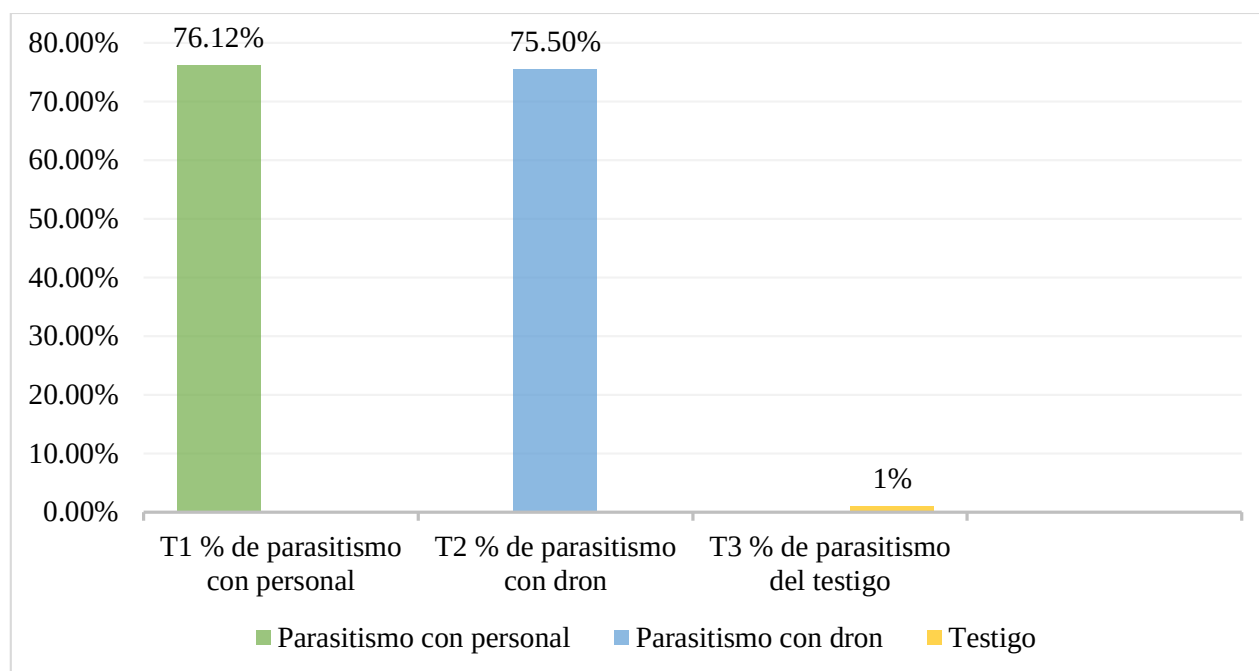


Figura 11. Comparación del porcentaje de control de huevecillos de *E. torticornis* entre los tres tratamientos.

En la figura 11 se puede observar la diferencia que existe entre las medias en porcentaje de parasitismo que se observó en cada tratamiento a los 16 días después de la liberación de los parasitoides, las cuales fueron para el tratamiento 1 que es la liberación con personal se obtuvo un 76.12% de parasitismo, para el tratamiento 2 que es la liberación con dron se obtuvo un 75.5% de parasitismo mientras que para el tratamiento 3 que fue el testigo se obtuvo un 1 % de control, este último podría ser debido a que en el año 2018 se realizó una liberación de *T. exiguum* en la finca lo cual pudo haber provocado que quedara un pequeño remanente de parasitoides en la plantación.

Para la realización de la prueba de comparación de medias de T de Student se procedió a realizar una transformación de datos para luego realizar las diferentes comparaciones (ver cuadros 17, 18 y 19). En el cuadro 8 se presentan los resultados de la prueba de de T- student.

Cuadro 8. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de parasitismo en T1 y T2.

	T1 % parasitismo manual	T2 % parasitismo dron
Media	1.195754319	1.162003778
P(T<=t) dos colas	0.710043745	NS

En el cuadro 8 se observa que estadísticamente y con un nivel de significancia del 5% podemos decir que para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados después de realizar una prueba de medias de T-student para los tratamientos liberación manual y liberación con dron no se encontraron diferencias significativas y se acepta la hipótesis nula, por lo que se puede decir que el porcentaje de parasitismo control que se obtuvo a los 16 días después de la liberación de los *T. exiguum* es igual para ambos tratamientos, por lo que se recomienda utilizar el tratamiento que presente un menor costo en cuanto a mano de obra.

Cuadro 9. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de parasitismo en T1 y T3.

	T1 % parasitismo manual	T3 % parasitismo testigo
Media	1.195754319	0.015707963
P(T<=t) dos colas	1.46327E-22	*

En el cuadro 9 se observa que estadísticamente y con un nivel de significancia del 5% podemos decir que para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados después de realizar una prueba de medias de T-student entre el tratamiento de liberación manual y el testigo, si existen diferencias estadísticas significativas por lo cual se acepta la hipótesis alternativa, por lo que se

puede decir que el porcentaje de control que se obtuvo a los 16 días después de la liberación de los *T. exiguum* en el tratamiento de liberación manual es mayor que el porcentaje de parasitismo que se obtuvo en el testigo, por lo que se recomienda la utilizar el tratamiento de liberación manual ya que presenta mejores resultados en cuanto al porcentaje de control de los huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis*.

Cuadro 10. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de parasitismo en T2 y T3.

	T2 % parasitismo dron	T3 % parasitismo testigo
Media	1.162003778	0.015707963
P(T<=t) dos colas	1.38399E-26	*

En el cuadro 10 se observa que estadísticamente y con un nivel de significancia del 5% podemos decir que para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados después de realizar una prueba de medias de T-student para los tratamientos de liberación con dron y testigo; si existen diferencias estadísticas significativas y se acepta la hipótesis alternativa, debido a que el porcentaje de parasitismo que se obtuvo a los 16 días después de la liberación de los *T. exiguum* en el tratamiento de liberación con dron es mayor que el porcentaje de control que se obtuvo en el tratamiento en el testigo, por lo que también se podría recomendar utilizar la liberación con dron, debido a que presenta mejores resultados en cuanto al porcentaje de control de los huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis*.

4. Relación de los resultados con otras investigaciones

En el cultivo de algodón según López Maldonado (2000), se empleó la liberación masiva de *T. pretiosum* Riley y se alcanzó un 80 y 90% de parasitismo para el control de los huevecillos de la plaga *Alabama argillacea*, en comparación con el cultivo de macadamia en donde se utilizó *T. exiguum* para el control del barrenador de la nuez *E. torticornis* el resultado que se obtuvo fue de 76.12% de parasitismo para el tratamiento de liberación manual y 75.5% de parasitismo para el tratamiento de liberación con dron la cual es menor en comparación con el parasitismo que se

obtuvo en el cultivo de algodón, pero es bastante aceptable si esta táctica de control biológico se integra en un programa de manejo integrado de la nuez de macadamia.

Pero en cuanto a la evaluación realizada en el cultivo de piña por García Escobar (2007), donde se utilizó la liberación de *T. pretiosum* y un producto químico para el control de los huevecillos del gusano barrenador de la piña *Strymon basilides*, utilizando el resultado que se obtuvo en el tratamiento 2, que corresponde al control biológico de 90000 avispitas liberadas por hectárea se obtuvo un 33% de parasitismo en los huevecillos de *Strymon basilides*. Esta dosis es la que más se acerca a la dosis empleada en la liberación en el cultivo de macadamia la cual fue de 100,000 avispitas por hectárea y para los métodos de liberación manual y con dron el parasitismo fue 76.12% y 75.5%; por lo cual se puede decir que el parasismo del barrenador de la nuez de macadamia fue más eficiente que los resultados obtenidos por García Escobar (2007).

Comparando los resultados de los ambos autores se puede observar que ellos utilizaron diferente especie de *Trichogramma* para el control de diferentes barrenadores en diferentes cultivos. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestra investigación son bastante similares con el de López Maldonado (2000), lo cual también valida la investigación de campo realizada en macadamia en finca Las Margaritas en el 2019.

5. Variable distribución del parasitismo

Para la ejecución de esta variable de respuesta se procedió a la realización de un mapa para el T1 y T2 para lograr visualizar de una manera más clara la distribución del parasitismo para cada tratamiento, los resultados se presentan en la figura 12.

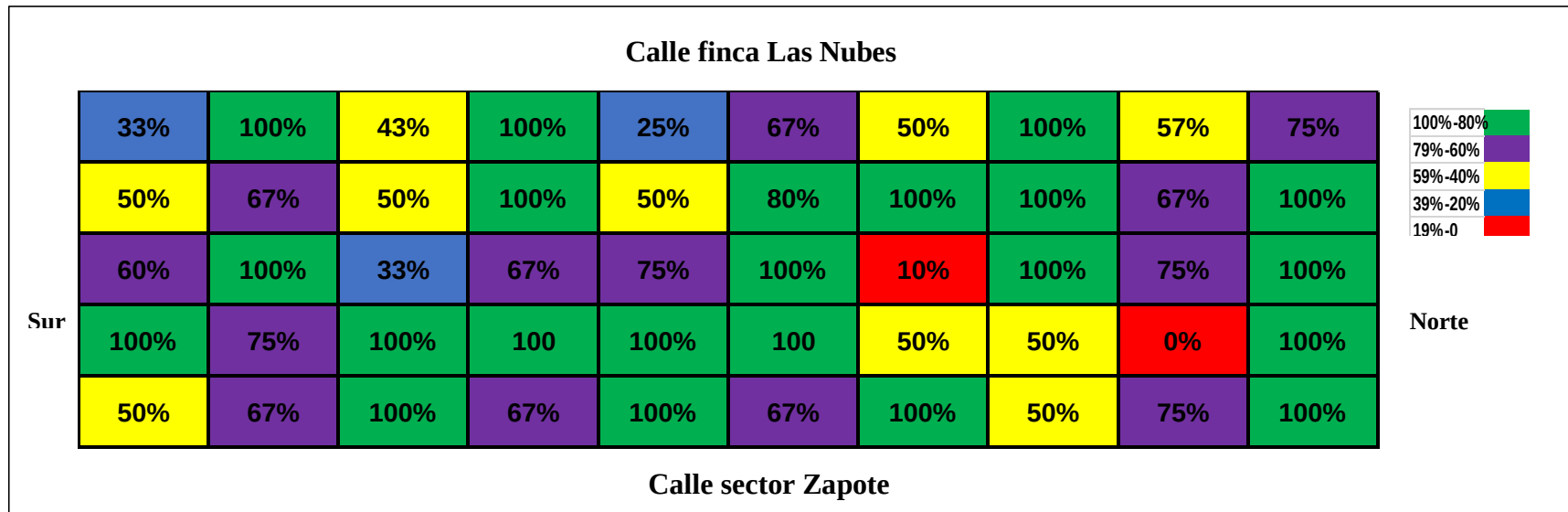


Figura 12. Croquis de distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación con dron.

En la figura 12 se logra observar la distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación con dron el 44% del área total cuenta con un 100 % de parasitismo, el 26% de área cuenta con un 79% a 60% de parasitismo, el 20% del área cuenta con un 59% al 40% de parasitismo, el 6% del área cuenta con un 39% al 20% de parasitismo y el 2% del área cuenta con un 0% de parasitismo. En resumen un 66 % del área de evaluación alcanzó un prasitismo de huevecillos de *E. torticornis* de 60-100%, lo cual se considera bien aceptable en control biológico (color verde + violeta) de plagas.

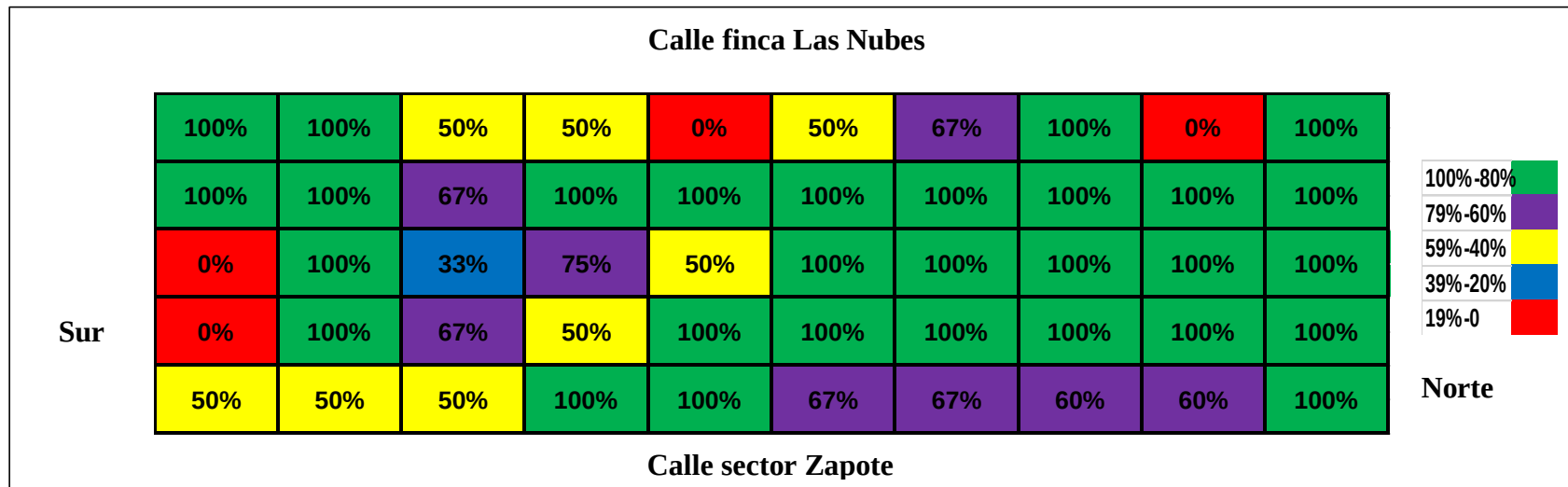


Figura 13. Croquis de distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación manual.

En la figura 13 se logra observar la distribución del parasitismo en el tratamiento de liberación manual el 58% del área cuenta con un 100% de parasitismo, el 16% del área cuenta con un 79% a 60% de parasitismo, el 16% del área cuenta con un 59% al 40% de parasitismo, el 2% del área cuenta con un 39% al 20% de parasitismo y el 8% del área cuenta con un 0% de parasitismo. En resumen el 74% del área de evaluación alcanzó un parasitismo de 60-100% (color verde + violeta), sin embargo a diferencia de la liberación con dron la distribución fue más heterogénea.

En las figuras 12 y 13 se puede observar el comportamiento de la distribución del parasitismo en cada uno de los tratamientos que se detalló con anterioridad, se puede observar también que en la liberación manual se tiene un 8% del área sin parasitismo mientras que en la liberación con dron solo el 2% del área no fue parasitada, pero en la liberación manual el 58% del área alcanzó hasta un 80% de parasitismo mientras que en la liberación con dron el 44% del área alcanzó hasta un 80% de parasitismo, así como se puede observar que las diferencias entre tratamientos son bajas ya que en ambos mapas se observa casi el mismo porcentaje de distribución lo cual presenta una variabilidad mínima.

En la figura 14 se puede observar la diferencia que existe entre las medias del porcentaje de distribución de parasitismo que se observó en el tratamiento de liberación manual con un 76.72% de parasitismo y el tratamiento de liberación con dron con un 75.5% de parasitismo, esto a los 16 días después de la liberación de los parasitoides.

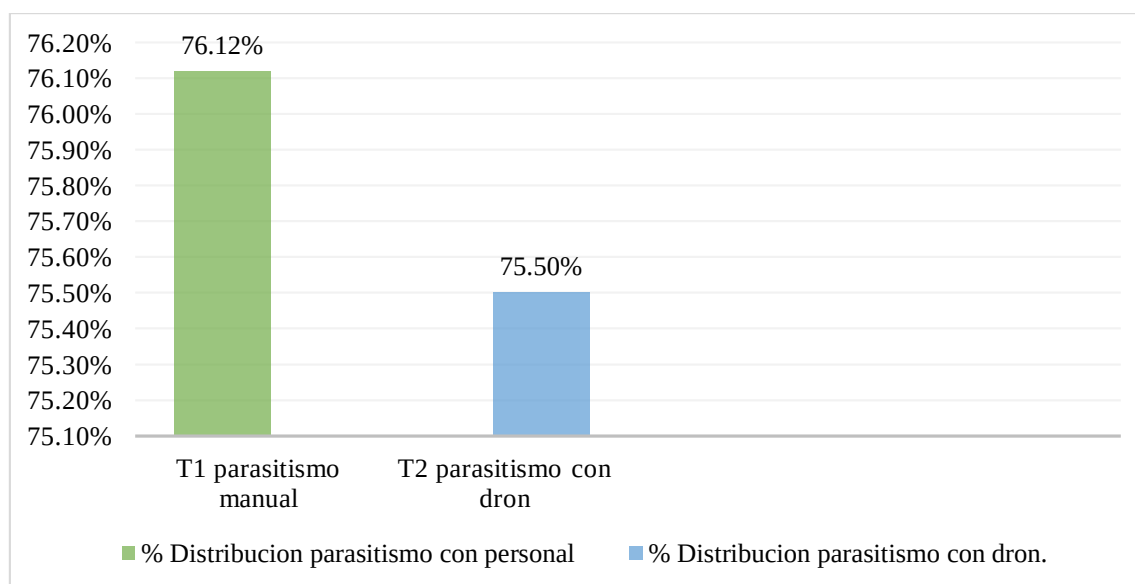


Figura 14. Comparación del porcentaje de distribución de parasitismo.

Se procedió a realizar una transformación de datos para luego realizar la prueba de comparación de medias de T de student (ver cuadro 20) en la que se obtuvo el siguiente resultado.

Cuadro 11. Prueba de medias de T-student para las medias de porcentaje de distribución de parasitismo del T1y T2.

	T1 % parasitismo manual	T2 % parasitismo dron
Media	1.195754319	1.162003778
P(T<=t) dos colas	0.710043745	NS

En el cuadro 11 se observa que estadísticamente y con un nivel de significancia del 5% podemos decir que para la variable de respuesta de distribución del parasitismo después de realizar una prueba de medias de T-student para los tratamientos de liberación manual y de liberación con dron, no existen diferencias significativas estadísticamente ya que se acepta la hipótesis nula, por lo que

se puede decir que el porcentaje de distribución de parasitismo que se obtuvo a los 16 días es igual para ambos tratamientos, por lo que se recomienda utilizar el tratamiento que presente un menor costo en cuanto a mano de obra.

6. Seguimiento de las observaciones del parasitismo.

Se decidió realizar un seguimiento a la toma de datos de la evaluación en cuanto al porcentaje de control y al porcentaje de severidad para determinar cuánto era el tiempo de control que los *T. exiguum* realizaron en campo.

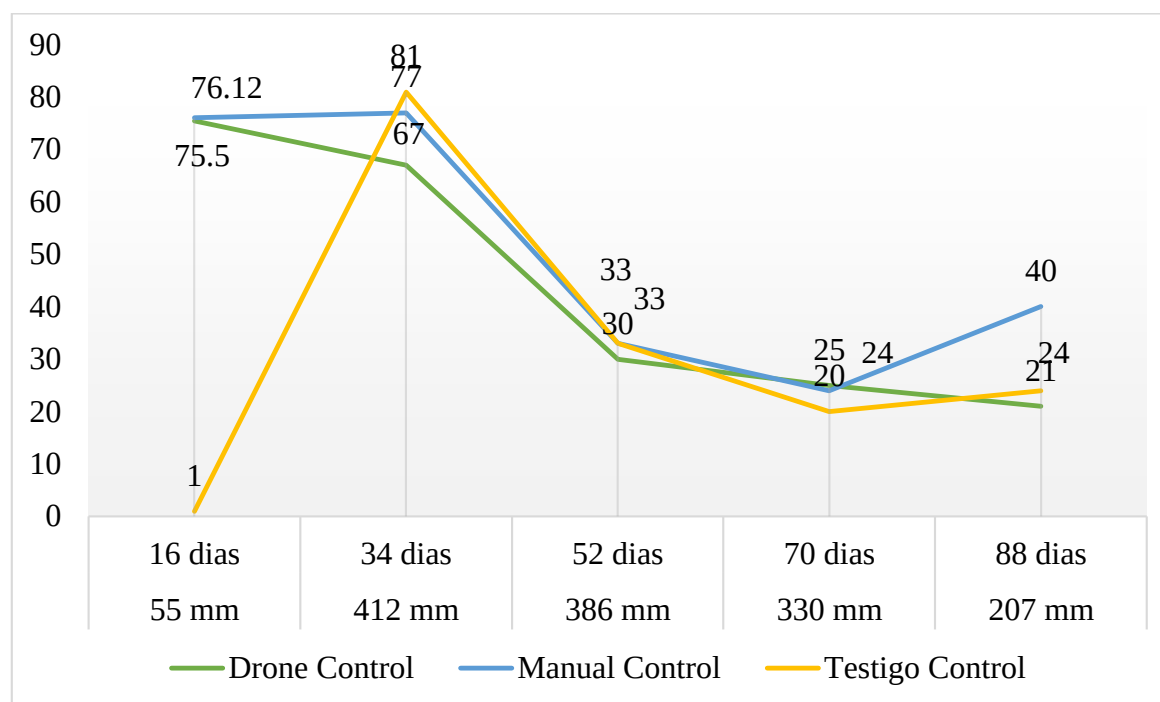


Figura 15. Relación del porcentaje de control de *E. torticornis* y la precipitación pluvial en mm.

En la figura 15 se puede observar el comportamiento en cuanto al control que han tenido los *T. exiguum* en campo hasta los 88 días después de su liberación, donde se realizó un muestreo cada 18 días. Los resultados fueron que las avispidas siguieron controlando la plaga aunque a los 34 días se realizó una doble liberación esta se efectuó en toda la finca y esto generó un alza en el porcentaje de parasitismo que existía a los 16 días ya que de 75.5% subió a un 77% en el tratamiento de liberación con dron, de 76.12% a 81% en el tratamiento de liberación con dron y el más notable

fue el testigo ya que de un 1% subió a un 67% lo cual no fue afectado por la precipitación pluvial, ya que el día 34 se obtuvieron 412 mm, en el día 52 el porcentaje de parasitismo bajo a 33% para el control manual, 33% para el control con dron y para el testigo a 30%, con una precipitación de 386 mm. Esta merma pudo ser causada por las lluvias que se dieron durante esos días lo cual causo el colapso de algunas avispidas lo que no fue evidente en el día 34 ya que la doble liberación que se efectuó ocho días antes ayudo a mantener el control, en el día 70 a pesar de que la precipitación disminuyo a 330 mm el porcentaje de control también siguió disminuyendo, sin embargo, a los días 88 hubo un incremento en el control de la plaga el cual podría ser efecto de la disminución hasta 207 mm de precipitación esta alza podría ser causada a la disminución de la lluvia lo cual genero que las avispidas siguieran reproduciéndose.

En la línea de control dron se observa que el parasitismo comienza a los 16 días después de la liberación, el control manual se observa que el parasitismo comienza a los 34 días. A los 34 días después de la liberación se observa que el testigo ya marca control de la plaga debido a que 26 días después de la primera liberación la finca compro *T. exiguum* para liberar en toda el área de producción de macadamia.

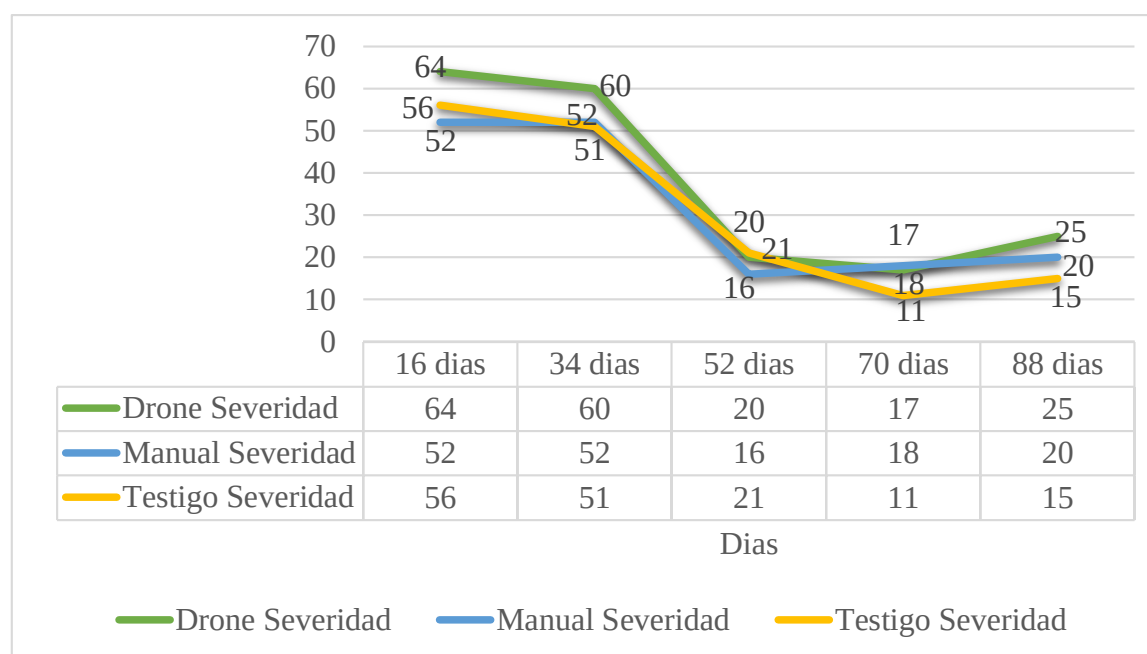


Figura 16. Severidad en campo de *E. torticornis* después de la aplicación de los tratamientos.

En la figura 16 se observa el porcentaje de severidad con la que se encontraban las áreas en estudio. Los daños estaban arriba del 50% de severidad a los 16 y 34 días después de la liberación de los *T. exiguum*. A los 52 días de la liberación, la severidad disminuyo a menos del 22% para los tres tratamientos; luego a los 70 días después de la liberación disminuyo la severidad a menos del 19%. Por lo que se puede decir que al liberar los *T. exiguum* se tiene un buen porcentaje de control, pero cabe mencionar que el control que se tiene después del día 34 es con dos liberaciones de *T. exiguum* por lo que se liberaron 200,000 avispias lo cual es el doble de la dosis recomendada.

En cuanto a la toma de datos a los 88 días se logra observar que la severidad aumento un 7% aproximadamente por lo que se pudo establecer que los *T. exiguum* tienen un control mayor a los 70 días después de la liberación en comparación de la toma de datos a los 88 días.

Para los tratamientos de liberación con dron y liberación manual los primeros 16 días se liberaron 100,000 *T. exiguum* luego a los 26 días se realizó una liberación general en toda la finca, en donde los tratamientos ya mencionados llegaron a tener una doble liberación de la dosis recomendada y el testigo solo una, lo que se puede decir que no hay mejora en la disminución de severidad si se duplica la dosis recomendada.

7. Análisis económico

Cuadro 12. Comparación de costos de los métodos de liberación de *T. exiguum*.

Dron		Manual	
Dosis Le-Tricho	Q150.00	Dosis Le-Tricho	Q150.00
Liberación Dron/ha	Q8.00	Liberación manual/ha	Q6.12
Total/ha	Q158.00	Total/ha	Q156.12

En el cuadro 12 se pudo observar que el costo de la dosis de *Trichogramma* por hectárea es de Q150.00 para ambos métodos de liberación, la única variabilidad que se presenta es en la forma de liberación ya que para el método de liberación con dron el costo es de Q8.00 por hectárea por

dos minutos de vuelo; mientras que para el método de liberación manual es de Q6.12 por hectárea por 30 minutos.

El costo de liberación con dron es de Q8.00 por hectárea ya que es el precio que la empresa cobra de alquiler del dron más la venta del parasitoide, mientras que para la liberación manual los Q6.12 se obtuvieron de dividir los Q98.00 que gana un jornal al día dentro de las 8 horas laborales, un jornalero libera en 30 minutos 100,000 avispitas de *T. exiguum* en una hectárea, por lo que un jornal puede llegar a liberar 16 hectáreas por un día de trabajo, mientras que un dron en dos minutos libera 100,000 huevecillos de avispitas en una hectarea, en un día laboral el dron puede liberar 240 hectáreas, por lo que puede legar a liberar 24,000,000 de huevecillos de avispitas de *T. exiguum*.

VII. CONCLUSIONES

1. Las condiciones climáticas que se presentaron el día de la liberación de los parasitoides que fue el 11 de abril del año 2019, fue de un porcentaje de humedad de 54%, una precipitación de 30 milímetros y una temperatura máxima de 22 C° y una mínima de 17 C°, estas condiciones climáticas presentaron una buena adaptabilidad de las avispidas en cuanto al parasitismo para el control del barrenador de la nuez.
2. El máximo porcentaje de control de parasitismo en las cajas entomológicas a los 16 días después de la liberación fue del 84% superior al 45% que se obtuvo a los 8 días después de la liberación de *T. exiguum*.
3. Las dos formas de liberación manual y con dron de los *T. exiguum* para el control del barrenador de la nuez de macadamia *E. torticornis* presentaron buenos resultados en cuanto al porcentaje de parasitismo de los huevecillos del barrenador de la nuez, por lo que no se presentaron diferencias estadísticas y el promedio para ambos métodos fue de 75.81% de parasitismo.
4. El parasitismo que se registro fue de 76.12 % para la liberación manual (T1) y 75.5% para la liberación con dron (T2) en el campo.
5. Estadísticamente se acepta la hipótesis nula, ya que no existen diferencias significativas en cuanto a la variable huevecillos parasitados del barrenados de nuez de macadamia con los dos métodos de liberación en el campo.
6. Los resultados que se obtuvieron para el tratamiento de liberación manual y liberación con dron de *T. exiguum* superaron el 75% de parasitismo de huevecillos del barrenador de la nuez de macadamia, lo cual se encuentra en un rango aceptable según los antecedentes de la investigación, ya que una investigación utilizando el *T. pretiosus* obtuvieron un parasitismo de huevecillos del 80-90% en el cultivo de algodón; mientras que en el cultivo de piña se obtuvo un parasitismo de huevecillos del 33%, por lo que *Trichogramma sp* es bastante efectivo para el control de los huevecillos de lepidópteros.

7. El comportamiento de la tendencia del porcentaje de control y severidad son complementarias a pesar de que en la línea de dron y manual se liberaron 200,000 avispidas; que corresponde al doble de la dosis recomendada. En cuanto al testigo, su comportamiento a los 16 días fue de 1% de parasitismo, debido a que en octubre del 2018 se realizó una liberación en toda la finca; y se asume que existía un remanente de avispidas en la parcela experimental.
8. Una ventaja que presenta la liberación manual sobre la liberación con dron es que en la liberación manual se liberan en campo las avispidas ya eclosionadas, por lo que éstas al salir del recipiente comienzan a parasitar los huevecillos de *T. exiguum*, mientras que en la liberación con dron, lo que se libera en campo son huevecillos de *T. exiguum* por lo que el tiempo de eclosión no es el mismo para todas.
9. Los dos métodos de liberación del parasitoide tienen sus ventajas y desventajas, pero el método manual presento un costo con Q.156.12 por hectárea; mientras que el método de liberación con dron presento un costo de Q.158.00 por hectárea, pero este último es más rápido, sistematizado y digital.
10. Por las ventajas que se observaron en campo en los dos métodos de liberación se concluye que la mejor forma de liberación es la manual, debido a que tiene un menor costo en cuanto a la mano de obra.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la toma de datos a los 16 días luego de la liberación de los *T. exiguum* ya que es cuando se presenta un mayor porcentaje de parasitismo en los huevecillos de *E. torticornis*.
2. Se sugiere a los productores de macadamia utilizar esta información para tomar la decisión de liberación de los parasitoides que le sea más favorable en cuanto al costo de la finca, ya que los tratamientos de liberación con personal y liberación con dron no presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al parasitismo.
3. Realizar una prueba donde se determine cuanto tiempo tarda en eclosionar la avispa de *T. exiguum* en campo cuando se libera con dron y conocer si no hay algún factor ambiental que disminuya la eclosión de los huevecillos liberados en campo o algún depredador de los huevecillos.
4. Realizar una evaluación utilizando la avispa que se encontró en campo al momento de tomar datos, la cual es un insecto del orden *Hymenoptera* de la familia *Braconidae* la cual es un parasitoide de larva de la plaga *E. torticornis*, y así lograr determinar el porcentaje de control en estado larvario de la plaga.
5. Implementar otros tipos de control biológico complementarios para tener un mejor control de las poblaciones del barrenador de la nuez en el transcurso del año.
6. Evaluar el comportamiento del *Trichogramma* en la estación seca en el cultivo de macadamia.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ. (2004). *Nuez de Macadamia*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_nuez_macadamia
2. Blanco Metzler, H. (1994). *The biology and ecology of the macadamia nutborer Ecdytolopha torticornis in Costa Rica*. (Tesis (PhD) Agronomía). Universidad de Edimburgo/Instituto de Ecología Terrestre, Costa Rica. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-TheEffectOfPredatorsOnTheAbundanceOfTheMacadamiaNu-2574773.pdf>
3. Food and Agriculture Organization, FAO. (1993). *Cycle and oviposition behaviour of Ecdytolopha torticornis*. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XL19950113924>
4. García Escobar, M. (2007). *Evaluación de Trichogramma pretiosum para el control gusano barrenador (strymon basilides) en el cultivo de la Piña (ananas comosus), en la finca Popoyá, Santa Lucia, Cotzumalguapa, Escuintla*. (Tesis Facultad de Agronomía), Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 3 de marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0935.pdf
5. Gómez Ruiz, J. (2018). *El barrenador de la nuez de macadamia*. (Tesis Facultad de Agronomía). MX. Recuperado el 13 de octubre de 2019, de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Barrenador%20de%20la%20nuez%20de%20macadamia%20.pdf>
6. Haro Valverde, E. (2016). *Efecto de dos dosis de liberación de Trichogramma exiguum Pinto y Platner sobre huevos de Diatraea saccharalis Fabricius*. (Tesis Facultad de Ciencias Biológicas), Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado el 06 de marzo de 2019, de

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10787/Haro%20Valverde%2c%20Emeli%20Melisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1nDhHDHDwDrRNhO1yvNpv-yoWs3rL1XO4CAJGCdUR9_J9_E55TCC1oDrQ

7. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. (2005). *Resultados sobre uso de parasitoides, Trichogramma*. Recuperado el 4 de marzo de 2019, de <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio97/boletin41/plagas.html>
8. Lemus , O. R. (2001). *Fertilización con elementos mayores en producción del cultivo de macadamia integrifolia Muller*. (Tesis Facultad Agronomía). Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Occidente, Quetzaltenango., GT. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6822/1/Tesis%20otto%20Lemus.pdf>
9. López Maldonado, V. (2000). *Evaluación de agentes de control biológico para el control del complejo de gusanos del fruto de tomate (Lycopersicon esculentum) bajo las condiciones del valle de San Jerónimo, Baja Verapaz*. (Tesis Facultad de Agronomía), Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 3 de marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1913.pdf
10. López, L. V. (2001). *Evaluación de tres parasitoides sobre el nivel de poblaciones de Musca domestica Linneo, en la aldea Las Trojes, Amatitlán*. (Tesis Facultad de Agronomía), Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1983.pdf
11. Martínez, L. (2008). *Evaluación Microbiológica del aceite de macadamia integrifolia, para su potencial uso cosmético*. (Tesis Facultad de Tecnología). Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Química. Colombia. Recuperado el 26 de febrero de 2019, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1830/1/66535A282.pdf>.

12. Micsa. (2015). *Parasitoide-Trichogrammatidae Thrichogramma exiguum*. Recuperado el 11 de marzo de 2019, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PANFLETO%20LE-THRICHCHO-convertido.pdf>
13. Ortiz, E. (2011). *Paquete tecnologico de hule (Hevea brasiliensis)*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. Recuperado el 27 de enero de 2019, de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/hule_establecimiento%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/hule_establecimiento%20(1).pdf)
14. Reyna, J. (1992). *Niveles de acción para controlar el barrenador de la nuez macadamia (Cryptophelebia ombrodelta)*. (Tesis Facultad de Agronomía) Universidad Rafael Landivar. Recuperado el 20 de febrero de 2019, de <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/83/Archivos/Departamento%20de%20Investigaciones%20y%20publicaciones/Articulos%20Doctrinarios/Agr%C3%ADcolas/Macadamia%20Barrenador.pdf>
15. Vidal Lozano, C. (2008). *Control interno aplicable a la ejecución de proyectos de inversión de una empresa agrícola dedicada a la exportación de nuez de macadamia*. (Tesis Contadora Pública y Auditora). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Economicas. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3220.pdf
16. Walforth, H., & de los Ríos, C. (2005). *El cultivo de la macadamia*. Colombia. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <https://es.scribd.com/doc/139202147/El-Cultivo-de-La-Macadamia>

Vo. Bo.


Licda. Ana Teresa González

Bibliotecaria CUNSUROC



X. ANEXOS

Cuadro 13. Resultados del muestreo en campo en el tratamiento de liberación con dron.

Surco	Árbol	Actividad	Liberación con dron		Severidad	Huevos parasitados	% control
			Frutos muestreados	Huevecillos encontrados/racimo			
1	1	Pre-muestreo	4	2	50%	1	50%
1	2	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
1	3	Pre-muestreo	5	5	100%	3	60%
1	4	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
1	5	Pre-muestreo	4	3	75%	1	33%
2	1	Pre-muestreo	4	3	75%	2	67%
2	2	Pre-muestreo	7	4	57%	3	75%
2	3	Pre-muestreo	6	2	33%	2	100%
2	4	Pre-muestreo	3	3	100%	2	67%
2	5	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
3	1	Pre-muestreo	5	3	60%	3	100%
3	2	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
3	3	Pre-muestreo	4	3	75%	1	33%
3	4	Pre-muestreo	4	2	50%	1	50%
3	5	Pre-muestreo	10	7	70%	3	43%
4	1	Pre-muestreo	3	3	100%	2	67%
4	2	Pre-muestreo	5	2	40%	2	100%
4	3	Pre-muestreo	12	6	50%	4	67%
4	4	Pre-muestreo	4	3	75%	3	100%
4	5	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
5	1	Pre-muestreo	6	3	50%	3	100%
5	2	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
5	3	Pre-muestreo	5	4	80%	3	75%
5	4	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
5	5	Pre-muestreo	6	4	67%	1	25%
6	1	Pre-muestreo	9	3	33%	2	67%
6	2	Pre-muestreo	7	2	29%	2	100%
6	3	Pre-muestreo	3	1	33%	1	100%
6	4	Pre-muestreo	14	10	71%	8	80%
6	5	Pre-muestreo	6	3	50%	2	67%
7	1	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
7	2	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
7	3	Pre-muestreo	5	1	20%	1	100%
7	4	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
7	5	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
8	1	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
8	2	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
8	3	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
8	4	Pre-muestreo	4	3	75%	3	100%
8	5	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
9	1	Pre-muestreo	4	4	100%	3	75%
9	2	Pre-muestreo	3	1	33%	0	0%
9	3	Pre-muestreo	4	4	100%	3	75%
9	4	Pre-muestreo	5	3	60%	2	67%
9	5	Pre-muestreo	8	7	88%	4	57%
10	1	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
10	2	Pre-muestreo	7	3	43%	3	100%
10	3	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
10	4	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
10	5	Pre-muestreo	4	4	100%	3	75%
			250		64%		75%

Cuadro 14. Resultados del muestreo en campo en el tratamiento de liberación manual.

Surco	Árbol	Actividad	Liberación Manual		Severidad	Huevos parasitados	% control
			Frutos muestreados	Huevecillos encontrados/racimo			
1	1	Pre-muestreo	3	2	67%	1	50%
1	2	Pre-muestreo	4	1	25%	0	0%
1	3	Pre-muestreo	3	2	67%	0	0%
1	4	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
1	5	Pre-muestreo	3	1	33%	1	100%
2	1	Pre-muestreo	3	2	67%	1	50%
2	2	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
2	3	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
2	4	Pre-muestreo	5	2	40%	2	100%
2	5	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
3	1	Pre-muestreo	4	2	50%	1	50%
3	2	Pre-muestreo	3	3	100%	2	67%
3	3	Pre-muestreo	4	3	75%	1	33%
3	4	Pre-muestreo	4	3	75%	2	67%
3	5	Pre-muestreo	5	2	40%	1	50%
4	1	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
4	2	Pre-muestreo	4	2	50%	1	50%
4	3	Pre-muestreo	9	4	44%	3	75%
4	4	Pre-muestreo	11	4	36%	4	100%
4	5	Pre-muestreo	6	2	33%	1	50%
5	1	Pre-muestreo	3	1	33%	1	100%
5	2	Pre-muestreo	3	1	33%	1	100%
5	3	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
5	4	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
5	5	Pre-muestreo	4	1	25%	0	0%
6	1	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
6	2	Pre-muestreo	6	4	67%	2	50%
6	3	Pre-muestreo	6	3	50%	3	100%
6	4	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
6	5	Pre-muestreo	3	2	67%	1	50%
7	1	Pre-muestreo	4	3	75%	2	67%
7	2	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
7	3	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
7	4	Pre-muestreo	2	1	50%	1	100%
7	5	Pre-muestreo	5	3	60%	2	67%
8	1	Pre-muestreo	4	4	100%	2	50%
8	2	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
8	3	Pre-muestreo	5	2	40%	2	100%
8	4	Pre-muestreo	11	3	27%	3	100%
8	5	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
9	1	Pre-muestreo	6	5	83%	3	60%
9	2	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
9	3	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
9	4	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
9	5	Pre-muestreo	4	2	50%	0	0%
10	1	Pre-muestreo	4	2	50%	2	100%
10	2	Pre-muestreo	4	1	25%	1	100%
10	3	Pre-muestreo	3	2	67%	2	100%
10	4	Pre-muestreo	7	3	43%	3	100%
10	5	Pre-muestreo	12	6	50%	6	100%
			228		52%		77%

Cuadro 15. Resultados del muestreo en campo en el testigo.

Surco	Árbol	Actividad	Testigo absoluto				% control
			Frutos muestreados	Huevecillos encontrados/racimo	Severidad	Huevos parasitados	
1	1	Pre-muestreo	5	4	80%		0%
1	2	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
1	3	Pre-muestreo	8	4	50%		0%
1	4	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
1	5	Pre-muestreo	9	3	33%		0%
2	1	Pre-muestreo	3	2	67%		0%
2	2	Pre-muestreo	6	1	17%		0%
2	3	Pre-muestreo	3	2	67%		0%
2	4	Pre-muestreo	6	1	17%		0%
2	5	Pre-muestreo	3	3	100%		0%
3	1	Pre-muestreo	5	3	60%		0%
3	2	Pre-muestreo	5	2	40%		0%
3	3	Pre-muestreo	6	2	33%		0%
3	4	Pre-muestreo	6	2	33%		0%
3	5	Pre-muestreo	3	2	67%		0%
4	1	Pre-muestreo	7	3	43%		0%
4	2	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
4	3	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
4	4	Pre-muestreo	4	4	100%		0%
4	5	Pre-muestreo	5	4	80%		0%
5	1	Pre-muestreo	5	5	100%		0%
5	2	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
5	3	Pre-muestreo	6	1	17%		0%
5	4	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
5	5	Pre-muestreo	5	2	40%		0%
6	1	Pre-muestreo	4	3	75%		0%
6	2	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
6	3	Pre-muestreo	4	3	75%		0%
6	4	Pre-muestreo	4	3	75%		0%
6	5	Pre-muestreo	5	3	60%		0%
7	1	Pre-muestreo	4	1	25%		0%
7	2	Pre-muestreo	3	3	100%		0%
7	3	Pre-muestreo	8	4	50%		0%
7	4	Pre-muestreo	13	5	38%		0%
7	5	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
8	1	Pre-muestreo	4	3	75%		0%
8	2	Pre-muestreo	6	3	50%		0%
8	3	Pre-muestreo	5	2	40%		0%
8	4	Pre-muestreo	6	2	33%		0%
8	5	Pre-muestreo	3	3	100%		0%
9	1	Pre-muestreo	3	2	67%	1	50%
9	2	Pre-muestreo	4	3	75%		0%
9	3	Pre-muestreo	4	4	100%		0%
9	4	Pre-muestreo	5	2	40%		0%
9	5	Pre-muestreo	5	3	60%		0%
10	1	Pre-muestreo	8	3	38%		0%
10	2	Pre-muestreo	8	2	25%		0%
10	3	Pre-muestreo	5	2	40%		0%
10	4	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
10	5	Pre-muestreo	4	2	50%		0%
			251		56%		1%

Cuadro 16. Datos transformados para la variable días de parasitismo de *E. torticornis* bajo condiciones controladas.

Datos transformados					
%parasitismo 8 días	%parasitismo 16 días	%parasitismo 8 días	%parasitismo 8 días	%parasitismo 16 días	%parasitismo 16 días
2	10	0.141421356	0.141897055	0.316227766	0.321750554
7	10	0.264575131	0.267763327	0.316227766	0.321750554
3	9	0.173205081	0.174083011	0.3	0.304692654
8	8	0.282842712	0.286756552	0.282842712	0.286756552
5	10	0.223606798	0.225513406	0.316227766	0.321750554
7	7	0.264575131	0.267763327	0.264575131	0.267763327
4	9	0.2	0.201357921	0.3	0.304692654
7	6	0.264575131	0.267763327	0.244948974	0.247467063
1	6	0.1	0.100167421	0.244948974	0.247467063
4	10	0.2	0.201357921	0.316227766	0.321750554
4.8	8.5	0.211480134	0.213442327	0.290222686	0.294584153

Cuadro 17. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo de T1 y T2.

Datos transformados					
%control dron	%control manual	%control dron	%control dron	%control manual	%control manual
50	50	0.707106781	0.785398163	0.707106781	0.785398163
100	0	1	1.570796327	0	0
60	0	0.774596669	0.886077124	0	0
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
33	100	0.574456265	0.611939715	1	1.570796327
67	50	0.818535277	0.958856612	0.707106781	0.785398163
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	67	1	1.570796327	0.818535277	0.958856612
33	33	0.574456265	0.611939715	0.574456265	0.611939715
50	67	0.707106781	0.785398163	0.818535277	0.958856612
43	50	0.655743852	0.715167456	0.707106781	0.785398163
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
67	75	0.818535277	0.958856612	0.866025404	1.047197551
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
75	50	0.866025404	1.047197551	0.707106781	0.785398163
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
25	0	0.5	0.523598776	0	0
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
80	100	0.894427191	1.107148718	1	1.570796327
67	50	0.818535277	0.958856612	0.707106781	0.785398163
100	67	1	1.570796327	0.818535277	0.958856612
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
50	67	0.707106781	0.785398163	0.818535277	0.958856612
50	50	0.707106781	0.785398163	0.707106781	0.785398163
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
75	60	0.866025404	1.047197551	0.774596669	0.886077124
0	100	0	0	1	1.570796327
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
57	0	0.754983444	0.855628871	0	0
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
75.5	76.72	0.848907838	1.162003778	0.831205745	1.195754319

Cuadro 18. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo para T1 y T3.

Datos transformados					
%control manual	%control testigo	%control manual	%control manual	%control testigo	%control testigo
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
33	0	0.574456265	0.611939715	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
0	0	0	0	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
60	50	0.774596669	0.886077124	0.707106781	0.785398163
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
0	0	0	0	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
76.72	1	0.831205745	1.195754319	0.014142136	0.015707963

Cuadro 19. Datos transformados para la variable de respuesta número de huevecillos parasitados para las medias de porcentaje de parasitismo para T2 y T3.

Datos transformados					
%control dron	%control testigo	%control dron	%control dron	%control testigo	%control testigo
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
60	0	0.774596669	0.886077124	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
33	0	0.574456265	0.611939715	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
33	0	0.574456265	0.611939715	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
43	0	0.655743852	0.715167456	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
25	0	0.5	0.523598776	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
80	0	0.894427191	1.107148718	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
75	50	0.866025404	1.047197551	0.707106781	0.785398163
0	0	0	0	0	0
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
67	0	0.818535277	0.958856612	0	0
57	0	0.754983444	0.855628871	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
100	0	1	1.570796327	0	0
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
75.5	1	0.848907838	1.162003778	0.014142136	0.015707963

Cuadro 20. Datos transformados para la variable de respuesta distribución del parasitismo para las medias de porcentaje de parasitismo de T1 y T2.

Datos transformados					
%parasitismo dron	%parasitismo manual	%parasitismo dron	%parasitismo dron	%parasitismo manual	%parasitismo manual
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
60	0	0.774596669	0.886077124	0	0
50	0	0.707106781	0.785398163	0	0
33	50	0.574456265	0.611939715	0.707106781	0.785398163
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	67	1	1.570796327	0.818535277	0.958856612
33	33	0.574456265	0.611939715	0.574456265	0.611939715
50	67	0.707106781	0.785398163	0.818535277	0.958856612
43	50	0.655743852	0.715167456	0.707106781	0.785398163
67	50	0.818535277	0.958856612	0.707106781	0.785398163
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
67	75	0.818535277	0.958856612	0.866025404	1.047197551
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	0	1	1.570796327	0	0
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
75	50	0.866025404	1.047197551	0.707106781	0.785398163
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
25	100	0.5	0.523598776	1	1.570796327
67	50	0.818535277	0.958856612	0.707106781	0.785398163
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
80	50	0.894427191	1.107148718	0.707106781	0.785398163
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
100	67	1	1.570796327	0.818535277	0.958856612
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
50	67	0.707106781	0.785398163	0.818535277	0.958856612
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
50	100	0.707106781	0.785398163	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	50	1	1.570796327	0.707106781	0.785398163
75	0	0.866025404	1.047197551	0	0
0	100	0	0	1	1.570796327
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
67	100	0.818535277	0.958856612	1	1.570796327
57	60	0.754983444	0.855628871	0.774596669	0.886077124
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
100	100	1	1.570796327	1	1.570796327
75	100	0.866025404	1.047197551	1	1.570796327
75.5	76.72	0.848907838	1.162003778	0.831205745	1.195754319



Figura 17. Recipiente en el que se trasladan los huevecillos de *T. exiguum*.



Figura 18. Huevecillos eclosionando para la liberación manual.



Figura 19. Huevecillos y avispas con zoom de una lupa Macro.



Figura 20. Dron Phantom 4 y Bio-bot.

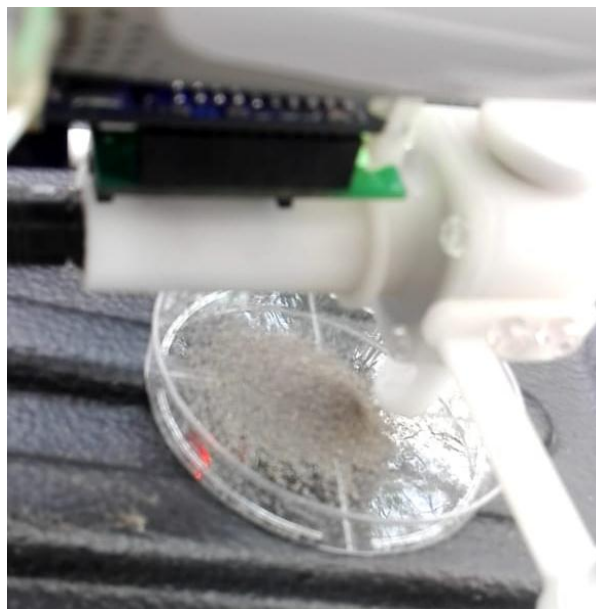


Figura 21. Comprobación de la descarga del Bio-bot de los huevecillos de los *T. exiguum*.



Figura 22. Despegue del dron con los especialistas de Micsa.



Figura 23. Aterrizaje del dron después de la liberación del parasitoide.



Figura 24. Compartimiento de Bio-bot vacío después de la liberación.



Figura 25. Compra de las dosis de los *T. exiguum* para la liberación total de la finca.

Mazatenango, 11 de febrero de 2020.

M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Maestro España:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre 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 dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el control del barrenador de nuez *Ecdytolopha torticornis* en el cultivo de macadamia *Macadamia integrifolia*, en finca Las Margaritas, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.”**; presentado por el estudiante Pedro Pablo Donis Kiss quien se identifica con número de carné 201440679 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.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera
Profesor Asesor y Supervisor

Mazatenango, 11 de febrero de 2020.

Doctor:
Guillermo Vinicio Tello Cano.
Director Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor Director:

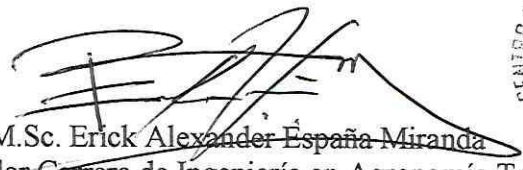
De manera atenta, me dirijo a usted para informar que el estudiante Pedro Pablo Donis Kiss, quien se identifica con número de carné 201440679 de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“Evaluación de dos formas de liberación de *Trichogramma exiguum*, para el control del barrenador de nuez *Ecdytoplopha torticornis* en el cultivo de macadamia *Macadamia integrifolia*, en finca Las Margaritas, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.”**; el cuál fue asesorado, revisado y con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Pedro Pablo Donis Kiss, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la que someto a consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical





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

CUNSUROC/USAC-I-02-2020

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, seis de marzo de dos mil veinte_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE DOS FORMAS DE LIBERACIÓN DE *Trichogramma exiguum*, PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DE NUEZ *Ecdytolopha torticornis* EN EL CULTIVO DE MACADAMIA *Macadamia integrifolia*, EN FINCA LAS MARGARITAS, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ", del estudiante: TPA. Pedro Pablo Donis Kiss, carné 201440679 CUI: 3386 08680 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Guillermo Tello Cano", is written over a horizontal line.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director



/gris