

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFECTO DE *Beauveria bassiana* EN LA CÓPULA DE LA MOSCA DEL
MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata* (W), EN CONDICIONES DE LABORATORIO,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL PROGRAMA MOSCAMED, CHIMALTENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

POR

José Nahúm Vásquez Fauggier

CARNÉ No. 200515110

GUATEMALA, MAYO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL LABORATORIO DE DETECCIÓN DEL
CENTRO DEL ALTIPLANO CENTRAL DEL PROGRAMA MOSCAMED,
CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

José Nahúm Vásquez Fauggier

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO
DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. For. Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexsandre Soto Estrada
SECRETARIO	Ing. Agr. Jose Rolando Lara Alecio

GUATEMALA, MAYO 2014

Ciudad de Guatemala, mayo 2014

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **EFFECTO DE *Beauveria bassiana* EN LA CÓPULA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata* (Wiedemann), EN CONDICIONES DE LABORATORIO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL PROGRAMA MOSCAMED, CHIMALTENANGO, GUATEMALA C.A.**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

José Nahúm Vásquez Fauggier

ACTO QUE DEDICO

- A Dios, por guiarme en todo momento, por darme la fortaleza, la fuerza, perseverancia y optimismo para alcanzar esta meta propuesta hace años.
- A mi madre, Gladys Elvira Fauggier de Vásquez †, que desde el cielo ha sido mi inspiración y el ángel que me cuida y me da su amor incondicional en cada momento de mi vida.
- A mi padre, Edgar Nahúm Vásquez, mi más grande orgullo, mi ejemplo, el pilar más importante de mi vida, por darme su amor, su tiempo, sus consejos y su apoyo durante todos los momentos difíciles y de éxito en nuestras vidas, este logro es para ti papa, te amo.
- A mi hermana y mi abuelita, Gladys Vásquez y Amabilia Rojas, por su amor incondicional, gracias por estar siempre a mi lado cuidando de mí y llenándome de alegría abuela.
- A mi novia, Carmen Hernández, por ser otro pilar importante en mi vida, por llenarme de amor y de ternura, por compartir mis sueños y construir nuevas metas junto a mi.
- A mi familia presente, por apoyarme y compartir esta felicidad junto a mí, gracias por su cariño incondicional, siempre los llevo presentes.
- A mi amigo y Docente Asesor de EPS, Ing. José Luis Alvarado Alvarez, por su amistad apoyo incondicional, sugerencias, consejos durante el EPS y en la asesoría para formular el presente documento.
- A mis amigos, especialmente al Ing. Daniel López, David Icu y Antonio Mayorga por compartir el mejor de los EPS y por apoyarnos en la elaboración de estos documentos. A Daniel y Lesther Herrera, José David Reinoso por brindarme todo su apoyo, amistad incondicional y sincera en todo momento. A mis compañeros de trabajo, a mis jefes y exjefes, a todos los presentes porque me demuestran que de una u otra manera soy importante en sus vidas, gracias por su tiempo y amistad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS

MI MADRE (QEPD)

MI PADRE

MI ABUELITA

MI HERMANA

MI NOVIA

MIS AMIGOS

MI PATRIA GUATEMALA

PROGRAMA MOSCAMED GUATEMALA

SAGARPA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos y catedráticos Ing. Daniel López, Ing. José Luis Alvarado, Ing. Álvaro Hernández, Dr. Laureano Figueroa, Ing. Pedro Peláez por compartir sus conocimientos, contribuir en mi formación profesional y haberme brindado su valiosa amistad y apoyo en este proceso.

Al Programa Moscamed, a la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación (SAGARPA) de México, por brindarme todo su apoyo y los medios para que se llevara a cabo este estudio, en especial al Ing. Álvaro Valle Mora, Biólogo Salvador Flores, Ing. Villaseñor, Ing. Sergio Campos, Ing. Rony Rodas, Dr. Pablo Montoya por brindarme su confianza, tiempo, conocimientos apoyo y por haber contribuido grandemente en mi proceso de formación profesional.

A todos mis amigos y compañeros de la Facultad de Agronomía con quienes compartí conocimientos a lo largo de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1	1
CAPÍTULO I.....	
DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES DEL CONTROL AUTOCIDA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO <i>CERATITIS CAPITATA</i> W. INOCULADA CON <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> DENTRO DEL PROYECTO DE EVALUACIÓN DE DISEMINADORES DEL PROGRAMA MOSCAMED, ALTIPLANO CENTRAL, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.	
	1
1.1	2
PRESENTACIÓN.....	
1.2	3
MARCO TEÓRICO	
1.2.1	3
TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DE LA PUPA.....	
1.2.2	3
TRANSPORTE DE LA PLANTA A LOS CENTROS DE EMPAQUE	
1.2.3	3
CONTENEDORES PARA EL TRANSPORTE DE LA PUPA.....	
1.2.4	3
INGRESO AL CENTRO DE EMPAQUE	
1.2.5	4
MATERIALES Y EQUIPO DE RECEPCIÓN.....	
1.2.6	4
ELABORACIÓN DE ALIMENTO PARA ADULTO.....	
1.2.7	4
EMPAQUE DE LA PUPA Y EMBALAJE EN SALAS DE EMERGENCIA ..	
1.2.8	5
PROCEDIMIENTO DE EMPAQUE.....	
1.2.9	5
PREPARACIÓN DE PERCHAS O ESTIBAS:.....	
1.2.10	5
DISTANCIA ENTRE PERCHAS O ESTIBAS	
1.2.11	5
LUMINOSIDAD	
1.2.12	5
SALAS DE EMERGENCIA	
1.2.13	6
INOCULACIÓN DE MATERIAL BIOLÓGICO	
1.2.14	6
LIBERACIÓN DEL MATERIAL ESTÉRIL INOCULADO	
1.2.15	6
LAVADO DE CAJAS PARC.....	
1.3	7
MARCO REFERENCIAL.....	
1.3.1	7
LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN.....	
1.3.2	7
ECOLOGÍA, CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA.....	
1.3.3	7
FISIOGRAFÍA Y DRENAJE	
1.3.4	7
ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LIBERACIÓN DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO INOCULADA CON <i>BEAUVERIA BASSIANA</i>	
	7

		PÁGINA
1.4	OBJETIVOS.....	9
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.5	METODOLOGÍA.....	10
1.5.1	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	10
1.5.2	IDENTIFICACIÓN, PRIORIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE PROBLEMAS.....	10
1.6	RESULTADOS.....	11
1.7	PROBLEMAS DETECTADOS POR FASE:.....	11
1.7.1	TRANSPORTE DE LA PLANTA A LOS CENTROS DE EMPAQUE.....	11
1.7.2	CONTENEDORES PARA EL TRANSPORTE DE LA PUPA.....	11
1.7.3	RECEPCIÓN.....	11
1.7.4	EMPAQUE DE LA PUPA Y EMBALAJE EN SALAS DE EMERGENCIA.....	11
1.7.5	PROCEDIMIENTO DE EMPAQUE.....	12
1.7.6	PREPARACIÓN DE PERCHAS O ESTIBAS.....	12
1.7.7	LUMINOSIDAD.....	12
1.7.8	SALAS DE EMERGENCIA.....	12
1.7.9	INOCULACIÓN DE MATERIAL BIOLÓGICO.....	12
1.7.10	LIBERACIÓN DEL MATERIAL ESTÉRIL INOCULADO.....	12
1.8	CONCLUSIONES.....	13
1.9	RECOMENDACIONES.....	13
1.10	BIBLIOGRAFÍA.....	14
2	CAPÍTULO II.....	15
	EFFECTO DE <i>Beauveria bassiana</i> EN LA CÓPULA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO <i>Ceratitis capitata</i> (W), EN CONDICIONES DE LABORATORIO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.	15
	EFFECT OF <i>Beauveria bassiana</i> IN THE INTERCOURSE OF THE MEDITERRANEAN FRUIT FLY <i>Ceratitis capitata</i> (W), UNDER LABORATORY CONDITIONS, AND DIAGNOSTIC SERVICES, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C. A.	15
2.1	PRESENTACIÓN.....	16
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	18
2.3	MARCO REFERENCIAL.....	22
2.4	OBJETIVOS.....	24
2.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	24

	PÁGINA
2.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 24
2.5	METODOLOGÍA 25
2.5.1	DISEÑO EXPERIMENTAL 25
2.5.2	HIPÓTESIS..... 25
2.5.3	MATERIALES 26
2.5.4	MANEJO DEL EXPERIMENTO..... 26
2.5.5	OBTENCIÓN Y MANEJO DEL MATERIAL BIOLÓGICO. 26
2.5.6	INOCULACIÓN DE MACHOS ESTÉRILES..... 27
2.5.7	OBTENCIÓN DE DATOS 27
2.5.8	VARIABLES DE RESPUESTA 28
2.5.9	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 28
2.6	RESULTADOS..... 30
2.7	CONCLUSIONES 35
2.8	BIBLIOGRAFÍA..... 36
2.9	ÁPENDICE 39
3	CAPÍTULO III..... 47
	INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROGRAMA MOSCAMED ALTIPLANO CENTRAL, CHIMALTENANGO Y SUB SEDE BARBERENA, SANTA ROSA. 47
3.1	PRESENTACIÓN..... 48
3.2	AREA DE INFLUENCIA 49
3.3	OBJETIVO GENERAL 49
3.4	SERVICIOS PRESTADOS 50
3.4.1	EL PRIMER SERVICIO: “EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL PROYECTO “DISEMINADORES DE <i>Beauveria</i> <i>bassiana</i> ” DURANTE EL EMPAQUE, TRASLADO Y LIBERACIÓN EN CAMPO DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO EN LAS FINCAS DE CAFÉ SAN SEBASTIAN, EN SAN MIGUEL DUEÑAS Y FINCA CAPETILLO EN SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ..... 50
3.4.2	SEGUNDO SERVICIO: “EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE ESTACIONES CEBO TIPO MAGNETMED Y WAX EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA SUB SEDE MOSCAMED BARBERENA, EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA..... 56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación del laboratorio del centro de operaciones del altiplano central moscamed.	22
Figura 2. Ubicación del laboratorio donde se realizó el estudio.	23
Figura 3. Bandejas de emergencia.....	39
Figura 4. Bomba para aplicar <i>Beauveria bassiana</i>	39
Figura 5. Caja parc.....	40
Figura 6. Cajas petri como copuladores.	40
Figura 7. Descansadores de mosca.....	41
Figura 8. Empaque de pupas.	41
Figura 9. Encuvación.	42
Figura 10. Introducción de mosca por tubo entomológico.....	42
Figura 11. Larva en fruto de café.....	43
Figura 12. Microscopio ultravioleta.	43
Figura 13. Problemas de sedimentación de moscas en cajas parc.....	44
Figura 14. Sala de emergencia. Apilación de cajas parc.....	44
Figura 15. Unidad experimental con tubo entomológico.....	45
Figura 16. Mapa de distribución de parcelas proyecto " <i>Beauveria bassiana</i> ".....	51
Figura 17. Inoculación moscas utilizadas como vectores.....	52
Figura 18. Problema detectado en campo.	52
Figura 19. Caja PARC y momento de la liberación.....	53
Figura 20. Estación cebo tipo Wax.....	59
Figura 21. Estación cebo tipo Magnetmed.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Resultados del número de cópulas en las pruebas biológicas del efecto del hongo <i>Beauveria bassiana</i> sobre <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.	30
Cuadro 2. Análisis de varianza para el número de cópulas en las pruebas biológicas de efecto del hongo <i>Beauveria bassiana</i> sobre <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.	31
Cuadro 3. Prueba de Tukey para el número de cópulas con el hongo <i>Beauveria bassiana</i> sobre <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.....	31
Cuadro 4. Duración o tiempo en minutos del momento de las cópulas con el hongo <i>Beauveria bassiana</i> en la cópula de <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.	32
Cuadro 5. Análisis de varianza para el tiempo de cópulas con el hongo <i>Beauveria bassiana</i> en la copula de <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.....	33
Cuadro 6. Prueba de Tukey para la variable tiempo de cópula con el hongo <i>Beauveria bassiana</i> en la cópula de <i>Ceratitidis capitata</i> en laboratorio. Guatemala, 2012.....	34
Cuadro 7. Tratamientos evaluados en la segunda fase de la Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.	57
Cuadro 8. Promedio de los tiempos en minutos obtenidos en la fase uno de la evaluación de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.....	60
Cuadro 9. Promedio del porcentaje de mortalidad obtenido en la fase dos de la evaluación de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.....	61

“Efecto de *Beauveria bassiana* en la cópula de la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann), en condiciones de laboratorio, diagnóstico y servicios en el programa Moscamed Chimaltenango, Guatemala, C.A.”

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, se ejecutó en coordinación con el Centro de Operaciones del Altiplano Central del Programa Moscamed; en el que se elaboró el presente proyecto que se divide en tres fases: Diagnóstico, Investigación y Servicios.

En la fase de diagnóstico se describen las operaciones de campo, laboratorio y la técnica del control autocida, que se aplicó dentro del proyecto de “evaluación de dos tipos de diseminadores con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*” como método de control de la mosca del mediterráneo en el altiplano central de Guatemala, identificando como principales problemas la falta de equipo mínimo necesario para la recepción y empaque de la mosca estéril, la falta de hermetismo, iluminación y temperatura adecuada en la sala de emergencia; y el inadecuado horario de liberación.

En la fase de investigación se realizó el proyecto “Efecto de *Beauveria bassiana* en la cópula de la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (wiedemann), en condiciones de laboratorio, Chimaltenango, Guatemala, C.A.” y en el que se evaluó, el efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el número y tiempo de cópulas de la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wied.) en condiciones de laboratorio.

El tamaño de cada unidad experimental (cajas de Plexiglás) fue de 40X29X29 cm forradas de plástico de color negro para propiciar las condiciones de oscuridad requerida. El experimento consistió de cuatro tratamientos incluyendo el testigo y ocho repeticiones, distribuidas en un modelo bifactorial en un diseño de bloques al azar.

Para determinar el efecto de *Beauveria bassiana* sobre las cópulas de *Ceratitis capitata*, se midieron las variables: número de cópulas y duración o tiempo de cópulas de los tratamientos.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones que fue realizada la investigación demostraron que no existen diferencias significativas en el número de cópulas dentro de los tratamientos evaluados, así mismo no existió variaciones en los tiempos o duración de cópulas de *Ceratitis capitata* inoculadas con *Beauveria bassiana*.

En la fase de servicios se realizaron los siguientes:

El primer servicio tuvo como objetivo principal evaluar la metodología utilizada en el proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo, donde se modificaron los siguientes procesos: reacomodación de la sala de emergencia, cambio de la hora de liberación y cambio de la dieta alimenticia.

El segundo servicio fue la “Evaluación de la efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio en la sub sede Moscamed Barberena en el departamento de Santa Rosa”. Se determinó que la efectividad de la estación cebo tipo Magnetmed dura hasta seis semanas inclusive sin deteriorarse y la mayor eficiencia comparada con la estación tipo Wax para el control de la mosca del Mediterráneo debido a que actúa por contacto directo entre la superficie de la estación cebo y el cuerpo del insecto.



1 CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES DEL CONTROL AUTOCIDA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata* (W). INOCULADA CON *Beauveria bassiana* DENTRO DEL PROYECTO DE EVALUACIÓN DE DISEMINADORES DEL PROGRAMA MOSCAMED, ALTIPLANO CENTRAL, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

1.1 PRESENTACIÓN

La presencia de la plaga Mosca del Mediterráneo, ocasiona pérdidas de cosechas y dificulta el intercambio comercial entre áreas infestadas y áreas libres. Por esta situación es necesario controlar y erradicar este insecto. El Programa Regional Moscamed fue creado con el objetivo de erradicar la plaga Mosca del Mediterráneo de Guatemala y Sur de México. El programa actúa con diversas operaciones de campo de alta tecnología para cumplir con este objetivo, esta tecnología está integrada por una serie de sistemas de acciones coordinadas, compatibles con el ambiente.

En el diagnóstico se describe la situación actual de todo el proceso que comprende la liberación y el control autocida de mosca del Mediterráneo estéril inoculada con *Beauveria bassiana*. El mismo se desarrolló en el laboratorio de incubación de mosca estéril de la Región Altiplano Central, ubicado en el kilómetro 58 carretera Interamericana, aldea Buena Vista, Chimaltenango, Guatemala.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Transporte y recepción de la pupa

1.2.2 Transporte de la planta a los centros de empaque

El transporte es vía terrestre, al transportar la pupa se deben cumplir los requisitos de seguridad, condiciones ambientales y utilización de contenedores adecuados. Es necesario evitar movimientos bruscos y golpes que provocan compactaciones, así como la exposición a la luz solar y altas temperaturas que pueden causar daños irreversibles al insecto por el incremento en el calor metabólico.

1.2.3 Contenedores para el transporte de la pupa

Cajas de cartón: Especialmente diseñadas, cada una tiene capacidad para 11 bolsas plásticas, tipo Hussman (250,000 pupas por bolsa) o 23 bolsas plásticas tipo Gamacell (125,000 pupas por bolsa). Una caja con bolsas tipo Hussman tiene un peso de 57 libras conteniendo 2.7 millones de pupas y una caja con bolsas tipo Gamacell tiene un peso de 60 libras conteniendo 2.875 millones de pupa. La temperatura del interior de las bolsas, es regulada de 16 a 18°C con la adición de dos piezas de hielo seco en los extremos de cada caja, sellándose para conservar la temperatura deseada.

1.2.4 Ingreso al centro de empaque

Es necesario:

- A. Verificar la temperatura que presenta el contenedor del vehículo transportador.
- B. Se debe contar con una sala de recepción con capacidad para almacenar la cantidad de pupa diaria a empacar, es importante verificar el rango de temperatura óptima (16 a 18° C), para mantener el material biológico a esa temperatura hasta que sea empacado.
- C. Monitorear, al azar, la temperatura al menos de 5 bolsas por envío (18 ± 1 ° C).
- D. Verificar el orden y cantidad de lotes recibidos y distribuir el material en la sala de recepción, verificando por medio de la filmina dosimétrica que la pupa fue irradiada.
- E. Toma de muestras por personal de control de calidad para determinar el volumen de pupa/bolsa a empacar y para evaluación de parámetros de control de calidad.

En este momento se rompe la hipoxia, cortando la parte superior de las bolsas. Es importante mantener la hipoxia hasta el momento del empaque de cada lote.

- F. Durante el proceso de recepción y empaque se toman datos del material biológico; lote, mezclada, número de colecta, cantidad de pupa y condiciones ambientales.

1.2.5 Materiales y equipo de recepción

- A. Sala de recepción de pupa:

En este momento se toman datos como: fecha de irradiación, número de sala, encargado de sala, nombre del dosificador de pupa (pipero), pupa/kg, millones de pupa, cantidad de bolsas, inicio y fin de hipoxia, etc.

- A. Termómetros.
- B. Higrotermómetros.

1.2.6 Elaboración de alimento para adulto

La formulación del alimento es una mezcla de harinas finas de amaranto y cacahuete y azúcar refinada. Su presentación en polvo fino tiene un contenido de 87.10% de azúcar, 10.10% de proteína natural y 2.7 de maizena como secante. Tiene un PH de 6.5 U.I, acidez de 0.133%, humedad de 4.34%, Las características microbiológicas corresponden a 23,750 UFC/g de cuenta total, menos de 10 UFC/g de hongos, menos 10 UFC/g de levaduras y menos de 3 NMP/g de coliformes totales tipo 1 no fecales.

Esta formulación del alimento ha sido evaluada por el Área de Desarrollo de Métodos del Programa Moscas de la Fruta y han obtenido resultados similares a la receta casera empleada actualmente en el CEAF de Tapachula.

Actualmente se está proporcionando una dosis de 70gr. de alimento para adulto por caja parc ubicándolo al fondo de caja.

El agua se proporciona con esponjas o almohadillas de tela de algodón.

1.2.7 Empaque de la pupa y embalaje en salas de emergencia

Materiales y equipo

- A. Salas de empaque: buena iluminación y de tamaño adecuado dependiendo de la cantidad de millones de pupas a empacar.

- B. Salas de emergencia: Deben de ser herméticas, con sistema de aire acondicionado e iluminación adecuada. El área dependerá, de la cantidad de millones de pupas a emerger.
- C. Parc-Box: Cajas plásticas de 60 X 49 X 33 cm, con malla metálica a los lados y en la parte central de la tapadera, para propiciar una adecuada ventilación.
- D. Depósitos para pupa: Bandejas, tienen capacidad de 2.5 a 3 millones de pupa.
- E. Medida para empacar: Recipientes plásticos con las medidas de acuerdo a la cantidad de pupa a aplicar por bolsas.
- F. mascarillas, cuerdas elásticas, 70gr. de alimento, guantes de látex, gabachas plásticas, lentes de protección.

1.2.8 Procedimiento de empaque

Distribución de pupa por bandeja: dentro de cada caja parc con alimento y agua se coloca una bandeja con un aproximado de 50,000 pupas o 400gr. En peso de pupa.

1.2.9 Preparación de perchas o estibas:

Cuando el empaque de cada caja finaliza, éstas se colocan una sobre otra (en perchas o estibas de 6 y 5 cajas cada una) sujetándolas con cuerdas elásticas, quedando preparadas para ingresar a las salas de emergencia.

1.2.10 Distancia entre perchas o estibas

Las perchas o estibas son colocadas dentro de las salas de emergencia a una distancia de 25 a 31 cm. entre columnas y 25 cm. entre filas, para proporcionar condiciones ambientales uniformes

1.2.11 Luminosidad

Las salas de emergencia deben manejarse a condiciones de baja luminosidad adecuada para que el adulto emergido permanezca en reposo y conserve su energía hasta su liberación en el campo.

1.2.12 Salas de emergencia

Las instalaciones destinadas a la emergencia de las pupas estériles, deben tener capacidad para emerger y manejar el material biológico requerido y previamente considerado para cubrir semanalmente las zonas de trabajo sujetas a liberación de mosca estéril.

Las salas de emergencia deben estar diseñadas para conservar la temperatura y brindar protección contra roedores, hormigas, cucarachas y otros insectos. Para el monitoreo de la humedad relativa y temperatura se usan higrómetros y termómetros, con estos últimos las lecturas deberán hacerse por lo menos a cada 4 horas.

1.2.13 Inoculación de material biológico

Para la inoculación del material biológico se utiliza la cepa de *Beauveria bassiana* BbEt, a una dosis de 4gr. de esporas del hongo por caja parc.

Para la inoculación es necesaria una bomba manual que contenga un taque para depositar una dosis del hongo, para cumplir con la dosis exacta de 4gr. Por caja parc es necesario introducir la manguera de la bomba en un agujero ubicado en la parte superior derecha de cada caja y bombear 21 veces.

1.2.14 Liberación del material estéril inoculado

Esta actividad es realizada a tempranas horas de la mañana para evitar las altas temperaturas del medio día. Además la mosca del mediterráneo tiene como hábitos alimenticios y de copula cierto patrón de horas las cuales son en la mañana de 7am hasta las 3pm. Para esta actividad únicamente se necesita un vehículo que transporte las cajas y una navaja para romper el sello de una en el punto donde serán liberados los adultos inoculados.

1.2.15 Lavado de cajas parc

Al finalizar la liberación es necesario transportar todas las cajas parc y sus accesorios al centro de lavado a presión para su limpieza, ya que al día siguiente necesitan estar secas para un nuevo empaque y realizar el mismo procedimiento descrito anteriormente (MOSCAMED, 2009).

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Localización y Extensión

El diagnóstico se realizó bajo condiciones del laboratorio ubicado en km. 58 carretera interamericana aldea buena vista, laboratorio de detección del centro del altiplano central del programa Moscamed, Chimaltenango, Guatemala. Sus coordenadas son: latitud 14° 40' 6" y longitud 90° 50' 59" latitud norte y longitud oeste, a una elevación de 1795 msnm y a una distancia de 58 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

1.3.2 Ecología, Climatología e Hidrología

La zona de vida, de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge, el valle de Chimaltenango se encuentra en la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo. La temperatura anual varía de 10 a 24 grados centígrados con una elevación de 1,786 msnm. La precipitación va de 918.7mm a 1392mm con una media de 1057m en los últimos 6 años (De la Cruz, 1982).

Su evapotranspiración potencial oscila entre 650-750mm por año en la época seca, con 4 a 6 meses de déficit de lluvia, lo que corresponde aproximadamente con 331-550mm. La región está considerada dentro de la tercera categoría como áreas potenciales para riego a nivel nacional (Avenamiento, 1990).

1.3.3 Fisiografía y Drenaje

De acuerdo a Simmons, los suelos del área de Chimaltenango corresponden a la serie Guatemala, cuyo material madre está formado por ceniza volcánica pomacea de color claro.

Presenta un relieve casi plano y con buen drenaje, el suelo superficial es oscuro, de textura gruesa con un color café rojizo, consistencia friable plástica cuando húmeda y un espesor aproximado de 0.5 a 1.0 metros (Simmons, Taramo, & Pinto, 1959).

1.3.4 Antecedentes Históricos de liberación de mosca del mediterráneo inoculada con *Beauveria bassiana*.

Estudios a nivel de jaulas de campo (Toledo et al. 2007) demostraron que los insectos estériles inoculados son capaces de interactuar con los insectos fértiles de

manera exitosa después de tres días de la inoculación, pues la transmisión horizontal del hongo se puede dar a través de las cópula, intentos de cópula, e incluso a través de la formación de leks entre machos. Como ventaja adicional se determinó que las hembras fértiles contagiadas disminuyeron gradualmente su fecundidad y fertilidad antes de morir.

La efectividad del hongo *Beauveria bassiana* contra la mosca del Mediterráneo ha sido evaluado a nivel de laboratorio, teniendo algunas cepas efectivas (MOSCAMED, 2009). Los estudios (Toledo, Liedo, Flores, Campos, & Montoya., 2008) en áreas cafetaleras de Chiapas indicaron que los machos estériles de *Ceratitis capitata* (cepa TSL), tratadas con *Beauveria bassiana* y liberadas en forma terrestre y aérea, transmitieron conidios e infectaron el 43% a las moscas estériles (cepa TSL) no infectadas y 75 y 64% de hembras y machos respectivamente de la población silvestre capturada.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- A. Establecer la situación actual de los procedimientos para proporcionar al material biológico recibido (pupa) las condiciones óptimas ambientales y de alimentación para un buen desarrollo fisiológico, que permita conservar la calidad del mismo en el laboratorio, para lograr la liberación de adultos competitivos en el campo.

Recepción, empaque de pupas y liberación de moscas del Mediterráneo estériles

1.4.2 Objetivos Específicos

- A. Determinar los principales problemas que afronta el transporte, la recepción y el empaque de pupa de mosca del Mediterráneo estéril.
- B. Determinar los principales problemas que afronta la inoculación y la liberación de mosca del mediterráneo estéril en el campo.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Obtención de la información

La información básica se obtuvo mediante la observación directa y recopilación de información documental y entrevistas a personal técnico y científico del Programa Moscamed.

La información inicial sobre empaque y salas de emergencia, se obtuvo del Ingeniero Agrónomo Sergio Campos, entomólogo del Programa Moscamed, encargado de capacitar al personal del proyecto *Beauveria Bassiana*. Los temas tratados en la capacitación fueron los siguientes:

- Recepción de pupa irradiada
- Pesado de pupa
- Distribución en bandejas de emergencia
- Implementos y accesorios de cajas parac
- Alimento y agua
- Control de temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia.
- Manejo de cajas emergidas.
- Transporte de cajas al lugar de liberación.

1.5.2 Identificación, priorización y jerarquización de problemas

Durante esta fase se realizó un análisis completo de la situación actual en la liberación de mosca estéril inoculada con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que permitió identificar las necesidades y problemas que existen en dicha actividad, con el fin de alcanzar los objetivos del diagnóstico y así determinar los servicios y punto de investigación a implementarse.

1.6 RESULTADOS

1.7 Problemas detectados por fase:

1.7.1 Transporte de la planta a los centros de empaque

- A. No se detectaron problemas en cuanto al transporte de la pupa al centro de empaque debido a que es transportaba bajo condiciones protegidas, aire acondicionado, y un componente que regula la temperatura dentro de la caja llamado “blue ice” o hielo seco.

1.7.2 Contenedores para el transporte de la pupa

- A. No se detectaron problemas en cuanto a los contenedores para el transporte de la pupa.

1.7.3 Recepción

- A. Se detectó el problema de falta de equipo para la recepción de la pupa como termómetro e higrómetros, los cuales también fueron indispensables para que la sala de emergencia estuviera monitoreada.

1.7.4 Empaque de la pupa y embalaje en salas de emergencia

- A. Se detectó uno de los mayores problemas en el embalaje en salas de emergencia, debido a que la sala de emergencia no era hermética, por lo tanto, ingresaban insectos dañinos para la mosca del mediterráneo como hormigas y zompopos, las cuales se alimentaban de la pupa y de insectos no voladores.
- B. Otro problema detectado fue el aire acondicionado o reguladores de temperatura dentro de la sala de emergencia.
- C. La iluminación no era la adecuada para la emergencia de la pupa, debido a que la sala poseía un ventanal bastante amplio donde la luz del día penetraba durante varias horas.
- D. En cuanto a las cajas parc, se pudo observar que poseen una apariencia y una funcionalidad bastante herméticas, sin embargo, por el uso continuo y su exposición prolongada al sol, perdieron la forma inicial y las tapaderas se deformaron, lo de que dio lugar a fugas considerables.

1.7.5 Procedimiento de empaque

- A. El procedimiento de empaque se rigió por las normas del laboratorio, por lo tanto no se detectaron problemas.

1.7.6 Preparación de perchas o estibas

- A. Las perchas o estibas fueron apiladas a la distancia adecuada, sujetadas y tensadas con las cintas elásticas para su seguridad. No existía problema en esta fase.

1.7.7 Luminosidad

- A. En cuanto a la luminosidad podemos mencionar que la sala de emergencia tenía una alta carga lumínica, que afectaba la emergencia de las pupas, que requieren baja luminosidad para su eclosión.

1.7.8 Salas de emergencia

- A. Dentro de la sala de emergencia no había un termómetro para medir la temperatura del ambiente, regularmente esta lectura debería hacerse cada cuatro horas.
- B. No se contó con un higrómetro para medir la humedad relativa dentro de la sala.
- C. La sala de emergencia no estaba aislada contra roedores, hormigas, cucarachas u otros insectos predadores de la mosca y sus pupas.

1.7.9 Inoculación de material biológico

- A. El problema detectado de esta actividad radica en la falta de uniformidad de conidios dispuestos en cada mosca, debido a que las cajas parca no fueron herméticas y se pierde material biológico a la hora de la inoculación.

1.7.10 Liberación del material estéril inoculado

- A. El principal problema en esta actividad fue la hora de la liberación, que se realizaba a tempranas horas, donde regularmente existían bajas temperaturas y alta humedad relativa en el ambiente y las moscas se encontraban en reposo, a la hora de su liberación la mayoría no volaba y quedaban varadas en el suelo esperando ser presa de las hormigas y zompopos.

1.8 CONCLUSIONES

- A. No existe el equipo mínimo necesario para la recepción y el empaque de la mosca estéril.
- B. Falta de hermetismo, iluminación y temperatura adecuada en la sala de emergencia.
- C. Las cajas parc no son herméticas y se pierde material biológico a la hora de la inoculación.
- D. El momento de la liberación no es el adecuado, debido a que se realiza a tempranas horas.

1.9 RECOMENDACIONES

Reacomodar la sala de emergencia debido a que no es totalmente hermética y presenta una gran amenaza de roedores e insectos predadores de la mosca del mediterráneo.

Colocar cortinas de color oscuro en los ventanales de la sala de emergencia para regular la penetración de rayos lumínicos provenientes de la luz solar y así obtener una mejor luminosidad para la emergencia de las pupas.

Tomar datos de temperatura y humedad relativa por o menos cada cuatro horas en la sala de emergencia para asegurar un alto porcentaje de eclosión de pupa.

No colocar la almohadilla con agua desde el primer día del empaque, ya que se incrementa la humedad relativa en el ambiente y repercute de forma negativa en la liberación, es necesario colocar el agua hasta los 4 días del empaque asegurando que la almohadilla no gotee o este demasiado húmeda.

La hora de la liberación debe ser entre las siete y las nueve de la mañana para que no exista demasiada humedad relativa ni bajas temperaturas en el ambiente.

1.10 BIBLIOGRAFÍA

1. DIRYA (Dirección Técnica de Riego y Avenamiento, GT). 1990. Plan maestro de riego y drenaje: caracterización hidroclimática de Guatemala. Guatemala. 57 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. MOSCAMED, MX. 2009. Manual de control autocida de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.) por el método de adulto frío (en línea). México, Programa Moscamed. 58 p. Consultado 27 mar 2012. Disponible en [https://www.google.com.gt/?gws_rd=cr&ei=iS59Uq3fJ_O14AOMxoHICg#q=MANUAL+DE+CONTROL+AUTOCIDA+DE+LA+MOSCA+DEL+MEDITERRANEO+\(Ceratitis+capitata+Wied.\)+POR+EL+SISTEMA+DE+ADULTO+FR%C3%8DO](https://www.google.com.gt/?gws_rd=cr&ei=iS59Uq3fJ_O14AOMxoHICg#q=MANUAL+DE+CONTROL+AUTOCIDA+DE+LA+MOSCA+DEL+MEDITERRANEO+(Ceratitis+capitata+Wied.)+POR+EL+SISTEMA+DE+ADULTO+FR%C3%8DO)
4. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
5. Toledo, J; Campos, SE; Flores, S; Liedo, P; Barrera, JF; Villaseñor, A; Montoya, P. 2007. Horizontal transmisión of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) under laboratory and field cages conditions. *Journal of Economic Entomology* 100(2):291-297.
6. Toledo, J; Liedo, P; Flores, S; Campos, SE; Villaseñor, A; Montoya, P. 2008. Use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for fruit fly control. In Sugayama, R; Zucchi, RA; Ovruski, SM; Sivinski, J (eds.). *Fruit flies of economic importance: from basic to applied knowledge*. Bahia, Brazil, Press Color. p. 127-132.

The seal of the University of Chimaltenango is a circular emblem. It features a central shield with a blue field containing a golden crown and a red field containing a white figure. The shield is flanked by two golden lions. Above the shield is a golden bell. The shield is set against a background of a blue sky and green hills. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "UNIVERSITAS CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERIS OPUS CONSPICUA".

2 CAPÍTULO II

EFFECTO DE *Beauveria Bassiana* EN LA CÓPULA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis Capitata* (W), EN CONDICIONES DE LABORATORIO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

EFFECT OF *Beauveria Bassiana* IN THE INTERCOURSE OF THE MEDITERRANEAN FRUIT FLY *Ceratitis Capitata* (W), UNDER LABORATORY CONDITIONS, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C. A.

2.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que presenta condiciones ecológicas y climáticas muy variadas, es por ello que tiene una alta variedad de producción agrícola donde predominan la producción del azúcar, café, hortalizas y diversas especies de frutales.

Debido que posee esa gran variedad de climas que favorece la diversidad frutícola, también existen una amplia gama de plagas y enfermedades que limitan su desarrollo. Dentro de la principal limitante del desarrollo de la fruticultura guatemalteca se encuentra la plaga más dañina a nivel internacional que es *Ceratitis capitata* (W), llamada la mosca del Mediterráneo debido a que en la región del mediterráneo es su lugar de origen.

La mosca es una plaga de importancia económica debido a que sus hábitos alimenticios, capacidad de adaptación y a la amplia diversidad de cultivos que ataca.

Es por esto de la creación en Guatemala del Programa Mosca del Mediterráneo, organismo que ejecuta un plan de acción para el control y erradicación de la mosca del Mediterráneo bajo un enfoque de manejo integrado, utilizando las siguientes técnicas: el control químico a través de aspersión terrestre y aérea de productos orgánicos, el control mecánico, el control biológico, el control autocida o técnica del macho estéril y el control legal o regulador.

Para aplicar el control autocida es necesario la producción de machos y esterilizarlos con rayos gamma a dosis óptima para que posean la calidad requerida para un buen desempeño en el campo.

En Guatemala para la implementación del control autocida, los machos estériles son producidos en la Planta de Producción de moscas estériles de El Pino, ubicada en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa.

Para el control biológico se liberan parasitoides de larvas como *Diachasmimorpha longicaudata*. Actualmente se están evaluando diversas cepas de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, y *Metarhizium anisopliae* para su uso. Algunas cepas han demostrado potencial para contra la plaga y es necesario desarrollar la tecnología para su uso en condiciones de campo. En este contexto es un área que está siendo explorada.

Los hongos entomopatógenos constituyen agentes promisoros para el control de la mosca del mediterráneo. Existen más de 800 especies identificadas (Thacker, 2002), de las cuales *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* constituyen la base de la mayoría

de productos comerciales disponibles con hongos entomopatógenos (Porrás & Lecuana, 2008).

La susceptibilidad de pupas y adultos de *Ceratitis capitata* a hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, en condiciones de laboratorio, ha sido reportada en algunas investigaciones. Cuando la larva de la mosca deja el fruto y cae al suelo, esta se torna vulnerable a la acción de estos microorganismos tal como se ha observado en estos insectos (Quesada-Moraga, Ruiz García, & Santiago Álvarez, 2006). Por lo tanto, el control microbiano con hongos entomopatógenos debe estar dirigido a adultos, larvas próximas a empupar o pupas en el suelo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

La mosca del Mediterráneo, es una de las plagas de frutales más dañinas a nivel internacional. Su importancia recae en su dispersión y reproducción en cantidades expansivas debido a su daño en cítricos y otras especies de valor comercial que ataca. Se conocen en todo el mundo más de 200 especies de frutas que son sus hospedantes, siendo las más relevantes, las especies del grupo de los cítricos (*Citrus* spp.) y frutales, como el durazno (*Prunus pérsica*), y el café (*Coffea arábica*) en Guatemala.

La preferencia de una especie de fruta u otra como hospedante de *Ceratitis capitata*, varía de región a región, observándose cierta capacidad de la plaga para adaptarse a nuevos hospedantes cuando invade una nueva región (OIRSA). La elección de una especie de fruto que le sirva de sustrato para ovipositar depende del grado de madurez que presente y de su abundancia (OIRSA, 2008).

Cuando alcanza la madurez sexual el macho, produce una feromona sexual que cuando la libera atrae a las hembras, iniciándose un proceso de cortejo de apareamiento, que tiene lugar en determinadas horas del día. Una vez fecundada la hembra, oviposita de 1 a 10 huevos en cada postura, aunque otras hembras de *Ceratitis capitata* también pueden utilizar la misma perforación para oviponer. En el campo, se estima que cada hembra oviposita a lo largo de su vida, cerca de 300 huevos.

Los huevos eclosionan entre los 2-4 días (pudiendo durar hasta 16-18 días en incubación, en condiciones más frías). Una vez emergidas, las larvas se alimentan de la pulpa del fruto, dirigiéndose hacia el centro de éste. La larva pasa por tres instares antes de que esté en condiciones de pupar. Su desarrollo se ve influenciado por el tipo de hospedante y, por las condiciones térmicas del medio; así, se ha observado que con temperaturas entre 15-16.5° C requiere de 24 a 50 días; con 19-28.5° C su desarrollo puede ser entre 6 a 11 días. Al completar esta etapa, la larva ya madura abandona el fruto, dirigiéndose al suelo mediante saltos característicos que provoca al encorvar su cuerpo, pudiendo recorrer cortas distancias para seleccionar el sitio para pupar (Sanabria Díaz, 1984).

Al encontrar un lugar adecuado, la larva penetra en el suelo de 2 a 5 cm, y se transforma en pupa. En este estado de desarrollo, también se ha observado que la temperatura es relevante para determinar la duración del mismo. Con 25° C la pupa requiere de entre 9 y 11 días, y a 26° C de 6 días para la emergencia del adulto. En caso de zonas con temperaturas bajas, se ha determinado que las pupas requieren hasta 60 días o más para que emerja el adulto (Sanabria Díaz, 1984).

La iluminación y la radiación solar influyen en la frecuencia de cópulas. Cuando los niveles de frecuencia lumínica están entre 100 – 150 unidades se dice que existen mayor número de cópulas, cuando estos niveles se incrementan o disminuyen el número de cópulas se ve afectado. Se ha establecido como un rango óptimo de temperaturas entre 23°C y 25°C (Sanabria Díaz, 1984).

El sistema de cópulas de *Ceratitis capitata* es caracterizado por una conducta de elección de parejas en grupos llamado “lek” que competirían por el apareamiento con hembras (Sanabria Díaz, 1984).

Durante este proceso una marcada jerarquía donde los machos de mayor categoría se situarían en el centro de lek, los demás machos se alejaran según el rango hasta llegar a la periferia donde se ubican los machos de menor importancia. Las hembras llegan al centro del lek después de pasar por los demás machos donde son fecundadas. Los machos que conforman el lek cuando se encuentran muy juntos ocasionan disputas entre los machos (Wikipedia.org, 2013).

En condiciones de campo, se determinó que el periodo sexual para la mosca del Mediterráneo empieza a las 9:00 horas continuando hasta las 15:00 horas. Pero es necesario considerar las condiciones climáticas ya que estas juegan un papel importante (Arita & Kaneshiro, 1985).

Se ha reportado diferencias temporales entre la madurez reproductiva y la madurez sexual entre machos y hembras, ya que los machos alcanzan la madurez reproductiva a las 48 horas, mientras que las hembras a los cuatro días después de nacidas (Arita & Kaneshiro, 1985).

Estudios previos para evaluar la transmisión horizontal con hongos entomopatógenos como los es *Beauveria bassiana* han demostrado que es un método innovador y ha resultado efectivo en campo para el control de la mosca del Mediterráneo (Toledo, y otros, 2007).

En este sentido el uso en el control de plagas agrícolas ha resultado ser efectivo como es el caso de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en Guatemala (Campos, 2008) y permitido reducir el uso de agroquímicos (Barrera, Herrera, Villacorta, García, & Cruz, 2006). En condiciones de campo se han alcanzado hasta 40% de mortalidad (Rosa, Alatorrea, Barrera, & Toriello, 2000).

Una técnica para la distribución de conidios de *Beauveria bassiana* fue desarrollada utilizando como vector a la abeja, *Apis mellifera* L., en época de floración del café, esta

táctica favoreció un mayor (33%) control de la broca del café, una productividad de polinización del 33% y 36-40 Kg. de miel/colmena/año (Ureña A & Chuncho M, 2003).

También *Beauveria bassiana* se ha empleado en la eliminación del ácaro *Varroa destructor* (Anderson & Trueman) ectoparásito de abejas (Steenberg, Kryger, & Holst, 2010), encontraron *B. bassiana* infectando a *Varroa destructor* en las celdas de las colmenas. También (Shaw, y otros, 2002), reportaron un uso potencial de los hongos: *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii* (Zimmerman), *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, a dosis de $1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ para infectar el 100% de *V. destructor*, aunque el daño colateral en abejas por aspersiones directas a las colmenas fue de 73%. (Al Mazra'awi, 2007), registró alta mortalidad de abejas, después de aplicar *Beauveria bassiana* con formulación en polvo a alta concentración (10^3 - 10^9 CFU g^{-1}) directamente sobre las colmenas, aunque en campo abierto hubo una baja mortalidad, por lo que concluyeron que este hongo puede ser aplicado en campo donde las abejas son usadas para polinización.

Diversos estudios han demostrado que existen cepas patogénicas de *Beauveria bassiana* contra moscas de la fruta (Dimbi, Maniana, Lux, Ekesi, & Mueke, 2003), identificándolo como un agente con gran potencial para ser utilizado contra dichas plagas.

Una de las propuestas es utilizar los insectos estériles como vectores del hongo hacia las poblaciones silvestres (Toledo, Liedo, Flores, Campos, Villaseñor, & Montoya, 2008). La cepa seleccionada de *Beauveria bassiana* para este fin debe tener como característica una virulencia intermedia, de manera que el insecto inoculado tenga la capacidad de desplazarse y de entrar en contacto con los individuos silvestres (Campos, 2008).

En jaulas de campo se demostró que los insectos estériles inoculados son capaces de interactuar con los insectos fértiles de manera exitosa después de tres días de la inoculación, pues la transmisión horizontal del hongo se puede dar a través de las cópulas, intentos de cópula, e incluso a través de la formación de leks entre machos. Como ventaja adicional se determinó que las hembras fértiles infectadas disminuyeron gradualmente su fecundidad y fertilidad antes de morir (Toledo, y otros, 2007).

Haciendo liberaciones de machos estériles de *Ceratitis capitata* (cepa TSL), tratadas con *B. bassiana* y liberadas en forma terrestre y aérea, en áreas cafetaleras de Chiapas hubo una transmisión de conidios e infectaron hasta 43% de moscas silvestre capturadas (Campos, 2008).

En Guatemala no todas las acciones de manejo contra la mosca del Mediterráneo han sido aceptadas socialmente, por ejemplo las aspersiones con cebo GF-120 NF Naturalyte han sido motivo de discusión sin importar que este producto está autorizado en la lista de Organic Materials Review Institute para uso en sistemas de agricultura orgánica (JA, Rosa, & Toledo, 2009).

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) por las liberaciones masivas de moscas estériles del Mediterráneo tienen una amplia aceptación del sector agrícola y ambiental; sin embargo, la TIE es eficiente cuando se presentan índices poblacionales menores de 0.05 moscas por trampa por día (MTD). Caso contrario, cuando las poblaciones de plaga registran un índice > 0.05 MTD deben ser suprimidas previamente al uso de la TIE (Novelo-Rincón, Montoya, Hernández-Ortiz, Liedo, & Toledo, 2009).

Ante una situación donde se conjugue un problema social y técnico, es necesario desarrollar alternativas que den solución a dichas limitaciones y permitan un avance sostenido de supresión y erradicación de la plaga.

2.3 MARCO REFERENCIAL

El estudio se realizó bajo condiciones del laboratorio, el cual está ubicado en kilómetro 58 carretera interamericana a aldea Buena Vista, Laboratorio de Detección del Centro del Altiplano Central del Programa Moscamed, en Chimaltenango, Guatemala. Sus coordenadas geográficas son: latitud $14^{\circ} 40' 6''$ y longitud $90^{\circ} 50' 59''$ latitud norte y longitud oeste, a una elevación de 1,795 msnm, a una distancia de 58 kilómetros de la Ciudad de Guatemala.

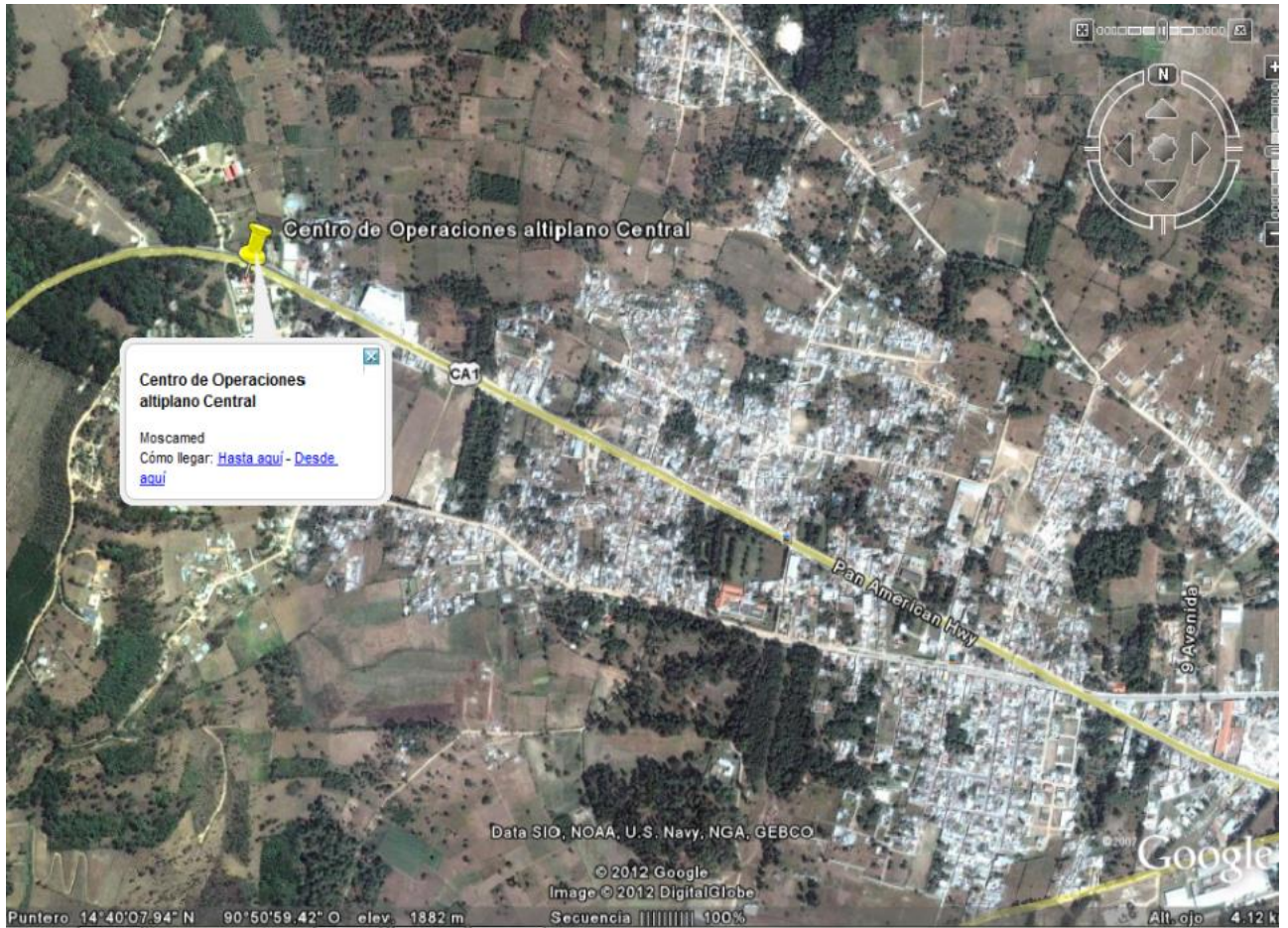


Figura 1. Ubicación del laboratorio del centro de operaciones del altiplano central moscamed.



Figura 2. Ubicación del laboratorio donde se realizó el estudio.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo General

- A. Evaluar el efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el número de cópulas de la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wied.) en condiciones de laboratorio.

2.4.2 Objetivos Específicos

- A. Evaluar si la aplicación de *Beauveria bassiana* en machos tanto estériles como fértiles influye significativamente en el número de cópulas con respecto a machos estériles y fértiles sin inóculo.
- B. Determinar si la duración del momento de cópula es afectado por la aplicación de *Beauveria bassiana* tanto en machos fértiles como en estériles.

2.5 METODOLOGÍA

Con el objetivo de evaluar el efecto de *Beauveria bassiana* en la cópula de *Ceratitis capitata* se desarrollaron procedimientos específicos para la obtención de datos representativos y puntuales.

2.5.1 Diseño experimental

El análisis de la información experimental fue analizado mediante un modelo bifactorial en un diseño de bloques al azar, los tratamientos utilizados fueron 4 Macho estéril sin inóculo, Macho estéril con inóculo, Macho silvestre sin inóculo, Macho silvestre con inóculo.

El diseño estuvo ordenado para obtener ocho repeticiones. La unidad experimental fueron cajas de plexiglás con un tamaño de 29x29x40 cm. Los datos fueron analizados para obtener las diferencias significativa para cada variable, luego se realizó la prueba de Tukey a una significancia de 0.05%.

2.5.2 Hipótesis

- No existen diferencias significativas entre el número de cópulas de machos estériles y machos fértiles inoculados con *Beauveria bassiana*.
- No existen diferencias significativas entre el número de cópulas de machos estériles y machos fértiles sin inóculo.
- No existen diferencias significativas en la duración o tiempo del momento de cópula entre tratamientos.

2.5.3 Materiales

Se utilizaron cajas de plexiglás (29x29x40 cm), bebederos, cedazo, tubos de ensayo, pipeta, manguera transparente, algodón, alimento, cajas Petri, cajas de emergencia de 30x45x50 cm, material biológico, congelador, fruta, computador y un programa estadístico.

2.5.4 Manejo del experimento

2.5.5 Obtención y manejo del material biológico.

A. Material fértil

Las pupas de tres días antes de emerger fueron aisladas de la colonia de moscas que se encuentra ubicada en uno de los laboratorios del Centro de Operaciones del Altiplano Central. Se colocaron en cajas Petri y se introdujeron en cajas de plexiglás con dimensiones de 40X29X29 cm forradas de plástico de color negro para propiciar las condiciones de oscuridad requerida, aproximadamente 48 horas previas a la emergencia, se retiraron los plásticos negros y se dejaron con luz natural.

Una vez emergidos los adultos, se procedió a separarlos por sexo utilizando una pipeta y colocando los machos y hembras en jaulas separadas para que las hembras sean vírgenes hasta esperar su madurez sexual. Los adultos permanecieron entre siete y ocho días hasta que alcanzaron dicha madurez, fueron alimentados con una mezcla de proteína hidrolizada y azúcar (proporción 1:3) y el agua se les proporcionó en bebederos de plástico hasta completar la edad requerida para el estudio. Las hembras se mantuvieron en cajas separadas de los machos tanto silvestres como estériles. Las condiciones ambientales de la sala de emergencia fueron controladas para obtener un rango de 22 - 25 °C y 50 - 60% de humedad relativa.

B. Material estéril.

Se recibió en estado de pupas (cepa TSL Moscamed), procedentes de la planta El Pino, en Barberena, Santa Rosa, posteriormente fueron aisladas en una jaula de emergencia 20 gramos de pupa que corresponden a 2500 pupas aproximadamente para el estudio, obteniendo una emergencia del 85%.

En dicha jaula, se colocó 5 gramos de alimento de harinas extrafinas (azúcar y proteína) y un bebedero con esponja diseñado para esta prueba.

2.5.6 Inoculación de machos estériles

Los machos, tanto los estériles como los fértiles, fueron inoculados con el hongo *Beauveria bassiana* de la cepa BbET a una concentración 5×10^{-11} con una viabilidad mayor a 95%, elaborada por “Organismos Benéficos” para uso exclusivo del Programa Mosca del Mediterráneo. Esta cepa es de virulencia media y se aplicó una dosis de 0.01 g. De inóculo por tratamiento para cada repetición. Para ello fue necesario pesar la cantidad en una balanza de precisión y proceder a inocular a los machos en una caja Petri debidamente retardados por el método de bajas temperaturas. Al final de la inoculación observamos a los machos con una tonalidad gris o blanquecina en todo el cuerpo incluyendo las alas del insecto.

El objetivo principal de inocular a los machos fue evaluar si la hembra detecta cambios físicos o químicos en los machos infectados con *Beauveria bassiana* a la hora de escogerlo para copular, así también para determinar si existen alteraciones en cuanto al rendimiento sexual de cada uno de ellos al momento de copular con las hembras silvestres en condiciones de laboratorio.

A la hora de realizar la prueba inoculamos introducimos una proporción de 1:1 un macho por cada hembra en una caja de plexiglás transparente.

2.5.7 Obtención de datos

Dentro de cada caja de plexiglás, se liberaron 20 machos dependiendo el tratamiento que sea, y 15 minutos después se liberaron 20 hembras para obtener una relación (1:1), cada caja fue considerada como un tratamiento y las repeticiones tuvieron una duración de dos días cada una, haciendo un total de ocho repeticiones.

Tratamientos propuestos

1. Macho estéril sin inóculo
2. Macho estéril con inóculo
3. Macho silvestre sin inóculo
4. Macho silvestre con inóculo

Cuando se detectó una cópula, esta fue retirada de la jaula utilizando un tubo de ensayo o frascos entomológicos y se tomó la hora de inicio y el final de la cópula, para obtener el tiempo de copula.

Cada prueba inició a partir de las 7:00 horas y finalizó a las 15:00h. Teniendo una duración ocho horas.

Al final de cada repetición el material biológico fue eliminado y se procedió a renovarlo para una nueva repetición.

2.5.8 Variables de respuesta

Las variables que dieron respuesta a nuestros objetivos planteados son:

- 1) Número de cópulas de machos según tratamientos.

El número de cópulas está directamente relacionado a la proporción 1:1 de moscas introducidas en cada unidad experimental.

- 2) Duración o tiempo del momento de la cópula para cada tipo de macho.

La duración o tiempo esta expresada en minutos para cada cópula de *Ceratitis capitata*.

2.5.9 Análisis de la información

Para el análisis de los datos se procedió a sumar el número de cópulas realizadas por día de cada uno de los tratamientos, también se sacó un promedio del tiempo de cópula por tratamiento por repetición para luego ingresar los datos en el programa estadístico Infostat versión estudiantil 2012, en donde utilizamos un diseño estadístico de bloques al azar en un sistema de ordenamiento bifactorial para dar respuesta a nuestras variables, luego realizamos un análisis de varianza y obtuvimos las diferencias significativas de cada variable. Luego procedimos a realizar la separación de medias mediante la prueba de Tukey para cerciorarnos que no existieran diferencias significativas al 0.05%.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de la varianza es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + (\beta\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = número de cópulas observadas en la ijk -ésima unidad experimental

μ = media general

β_i = efecto del i -ésimo tipo de mosca

α_j = efecto de la j -ésimo tipo de inóculo

$(\beta\alpha)_{ij}$ = interacción entre el i -ésimo nivel del factor β y el j -ésimo nivel del factor α

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

2.6 RESULTADOS

A continuación se presenta un cuadro consolidado de los totales de cópulas para cada uno de los tratamientos por repetición en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados del número de cópulas en las pruebas biológicas del efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

TRATAMIENTOS REPETICIONES /	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	TOTAL
Macho estéril sin inóculo	11	14	13	12	15	14	14	11	104
Macho estéril con inóculo	13	12	11	13	12	13	14	13	101
Macho silvestre sin inóculo	13	13	13	12	14	11	13	13	102
Macho silvestre con inóculo	15	13	13	13	10	12	12	12	100
Total cópulas	52	52	50	50	51	50	53	49	

Los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza a los datos del cuadro uno, demostraron que no existió diferencia significativa entre cópulas de machos con inóculo y sin inóculo, así mismo tampoco existieron diferencias significativas entre machos estériles y silvestres, por lo tanto se puede decir que el hongo no afecta significativamente en la cópula de la mosca del mediterráneo.

Este análisis de varianza lo podemos apreciar en el cuadro dos en donde observamos que nuestro p-valor muestra valores mayores al 0.05% por lo tanto no existen diferencias significativas entre los tratamientos propuestos.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el número de cópulas en las pruebas biológicas de efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Número de cópulas	32	0.10	0.001	0.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.31	10	0.43	0.24	0.9884
Fertilidad macho	0.28	1	0.28	0.15	0.6980
Inóculo	0.78	1	0.78	0.43	0.5191
Bloque	3.22	7	0.46	0.25	0.9654
Fertilidad macho*Inoculo	0.03	1	0.03	0.02	0.8969
Error	38.16	21	1.82		
Total	42.47	31			

Luego de realizar un análisis de varianza el cual no mostro diferencias significativas procedimos a realizar una comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

El análisis de Tukey cuadro tres demostró que las medias son similares entre tratamientos, es decir que el tratamiento de macho estéril inoculado y el tratamiento de macho estéril sin inocular poseen una media similar en el número de cópulas y por lo tanto demuestra que no existe diferencia significativa entre los cuatro tratamientos propuestos en el estudio ya que todos pertenecen al mismo grupo alfabético "A" según Tukey.

Cuadro 3. Prueba de Tukey para el número de cópulas con el hongo *Beauveria bassiana* sobre *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.87859

Fertilidad macho	Inoculo	Medias	n	E.E	
ME	SB	13.00	8	0.48	A
MS	SB	12.75	8	0.48	A
ME	CB	12.63	8	0.48	A
MS	CB	12.50	8	0.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Para responder a nuestra segunda variable: tiempo de copula realizamos el mismo procedimiento que para la variable uno: número de cópulas, elaborando un análisis de varianza para observar el comportamiento de p-valor entre los tratamientos.

En el cuadro cuatro consolidamos los resultados en promedio de la duración o tiempo en minutos de cada tratamiento por repetición, estos datos fueron utilizados para realizar el análisis de varianza.

Cuadro 4. Duración o tiempo en minutos del momento de las cópulas con el hongo *Beauveria bassiana* en la cópula de *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
T1	135.91	136.29	132.54	156.42	128.60	130.43	136.14	134.55
T2	137.85	156.92	152.36	152.92	138.67	136.38	138.50	145.38
T3	148.31	148.85	119.92	132.83	141.71	152.45	150.77	140.23
T4	140.00	143.15	140.38	130.31	133.90	142.17	144.17	156.08

Nota: los datos están en variable de tiempo en minutos.

Los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza a los tiempos de cópula, demostraron que no existió diferencia significativa entre el tiempo de cópulas de machos con inóculo y sin inóculo, así mismo tampoco existieron diferencias significativas entre el tiempo de cópula entre machos estériles y silvestres, por lo tanto se puede decir que el hongo no afecta significativamente en el tiempo de copula de la mosca del mediterráneo.

El análisis de varianza para la variable tiempo de cópula lo podemos apreciar en el cuadro cinco en donde observamos que nuestro p-valor muestra valores mayores al 0.05% por lo tanto no existen diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los machos inoculados tienen un tiempo similar en el acto sexual que los machos sin inocular y de igual forma el tipo de mosca ya sea estéril o fértil.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el tiempo de cópulas con el hongo *Beauveria bassiana* en la copula de *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Tiempo de la cópula	32	0.27	0.00	6.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	676.60	10	67.66	0.76	0.6611
Bloque	377.68	7	53.95	0.61	0.7423
Fertilidad del macho	7.40	1	7.40	0.08	0.7754
Inóculo	124.83	1	124.83	1.41	0.2486
Fertilidad macho*Inoculo	166.69	1	166.69	1.88	0.1847
Error	1861.37	21	88.64		
Total	2537.97	31			

Luego de realizar un análisis de varianza de la variable tiempo de cópula, el cual no mostro diferencias significativas se procedió a realizar una comparación de medias mediante la prueba de Tukey de igual forma que la primera variable.

El prueba de Tukey para la variable tiempo de cópula del cuadro seis, demostró que las medias son similares entre tratamientos, es decir que el tratamiento de macho estéril inoculado y el tratamiento de macho estéril sin inocular poseen una media similar en el tiempo de cópulas y por lo tanto demuestra que no existe diferencia significativa entre los cuatro tratamientos propuestos en el estudio ya que todos pertenecen al mismo grupo "A" según clasificación Tukey.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la variable tiempo de cópula con el hongo *Beauveria bassiana* en la cópula de *Ceratitis capitata* en laboratorio. Guatemala, 2012.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.12094

Error: 88.6366 gl: 21

Fertilidad macho	Inoculo	Medias	n	E.E	
MS	CB	144.87	8	3.33	A
ME	SB	141.88	8	3.33	A
ME	CB	141.27	8	3.33	A
MS	SB	<u>136.36</u>	8	3.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Los resultados fueron positivos para el control de la mosca del mediterráneo ya que lo que se busca son nuevas alternativas agradables con el ambiente y la naturaleza como lo son los controles biológicos, en este caso se puede utilizar el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control y supresión de la mosca del mediterráneo sin alterar ni afectar la transmisión horizontal en las cópulas o intentos de cópula, peleas por hembras o posiciones en el lek, ni tampoco al ambiente de su entorno.

2.7 CONCLUSIONES

1. La aplicación de *Beauveria bassiana* a machos de *Ceratitis capitata* no influye significativamente en el número de cópulas.
2. La duración o tiempo de cópula de *Ceratitis capitata* no fue afectado con la aplicación de *Beauveria bassiana* a machos, por lo tanto no existe diferencia significativa en la duración o tiempo de cópula entre los tratamientos propuestos.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Al Mazra'awi, MS. 2007. Impact of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the honey bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera: apidae). World Journal of Agricultural Sciences 3(1):7-11.
2. Arita, LH; Kaneshiro, KY. 1985. The dynamics of the lek system and mating success in male of the mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 25:35-48.
3. Barrera, JF; Herrera, J; Villacorta, A; García, H; Cruz, L. 2006. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. In Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica (2006, MX). Ed. por Barrera, JF; Montoya, P. Manzanillo, Colima, México, Sociedad Mexicana de Entomología / Colegio de la Frontera Sur. p. 15-16.
4. Campos, O. 2008. Evaluación de dos aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, para el control de la broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei*. Guatemala, ANACAFE, El Cafetal Revista del Caficultor 4:1-8.
5. Dimbi, S; Maniania, NK; Lux, AS; Ekesi, S; Mueke, KJ. 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitidis capitata* (Wiedemann), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). Mycopathologia 156:375-382.
6. Muñoz, JA; Rosa, W De la; Toledo, J. 2009. Mortalidad en *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) por diversas cepas de *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio. Acta Zoológica Mexicana 25(3):609-624.
7. Novelo-Rincón, LF; Montoya, P; Hernández-Ortiz, V; Liedo, P; Toledo, J. 2009. Mating performance of sterile mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) males treated with *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Journal of Applied Entomology 133:702-710.
8. OIRSA, GT. 2008. Manual entomológico para inspectores de cuarentena vegetal: parte 1: mosca de la fruta (en línea). Guatemala. Consultado 27 mar 2012. Disponible en

<http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/ManualinspectoresMOSCADLAFRUTA.pdf>

9. Porras, L; Lecuona, R. 2008. Estudios de laboratorio para el control de *Ceratitis capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae) (mosca del mediterráneo) con *Beauveria bassiana*. *Agronomía Costarricense* 32(2):119-128.
10. Quesada–Moraga, E; Maranhao, EA; Ruiz García, A; Santiago Álvarez, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *B. bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata*. *Journal of Economic Entomology* 99:1955-1966.
11. Rosa, W De la; Alatorrea, R; Barrera, JF; Toriello, C. 2000. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. *Journal of Economic Entomology* 93(5):1409-1414.
12. Sanabria Díaz, CA. 1984. Competencia de copulación entre machos estériles de *Ceratitis capitata*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
13. Shaw, KE; Davidson, G; Clark, SJ; Ball, BV; Pell, JK; Chandler, D; Sunderland, KD. 2002. Laboratory bioassays to assess the pathogenicity of mitosporic fungi to *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata), an ectoparasitic mite of the honeybee, *Apis mellifera*. *Biological Control* 24(3):266–276. Consultado 27 mar 2012. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964402000294>
14. Steenberg, T; Kryger, P; Holst, N. 2010. A scientific note on the fungus *Beauveria bassiana* infecting *Varroa destructor* in worker brood cells in honey bee hives. *Apidologie* 41:127–128.
15. Thacker, JRM. 2002. An introduction to arthropod pest control. Cambridge, UK, Cambridge University, Cambridge University Press. 343 p.
16. Toledo, J; Campos, SE; Flores, S; Liedo, P; Barrera, JF; Villaseñor, A; Montoya, P. 2007a. Horizontal transmisión de *Beauveria bassiana* en *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) under laboratory and field cages conditions. *Journal of Economic Entomology* 100(2):291-297.
17. _____. 2007b. Potencial de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de moscas de la fruta. In Hernández-Ortiz, V

- (ed). 2007. Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): diversidad, biología y manejo. México, S y G Editores. p. 157-167.
18. Toledo, J; Liedo, P; Flores, S; Campos, SE; Villaseñor, A; Montoya, P. 2008. Use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for fruit fly control. In Sugayama, R; Zucchi, RA; Ovruski, SM; Sivinski, J (eds). 2008. Fruit flies of economic importance: from basic to applied knowledge. Bahia, Brasil, Press Color. p. 127-132.
 19. Ureña A, JV; Chuncho M, CG. 2003. Utilización de abejas para la dispersión del hongo *Beauveria bassiana* para el control biológico de la broca del café (IG-CV-108, 2003). Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Revista Informativa-Área de Recursos Naturales Renovables 30:9-10.
 20. Wikipedia.org. 2013. Lek (comportamiento animal) (en línea). España. Consultado 27 mar 2012. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Lek_\(comportamiento_animal\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Lek_(comportamiento_animal))

2.9 ÁPENDICE

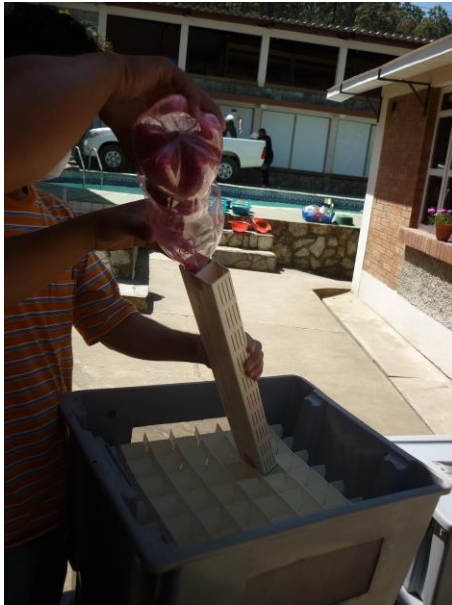


Figura 3. Bandejas de emergencia.



Figura 4. Bomba para aplicar *Beauveria bassiana*.



Figura 5. Caja parc.



Figura 6. Cajas petri como copuladores.

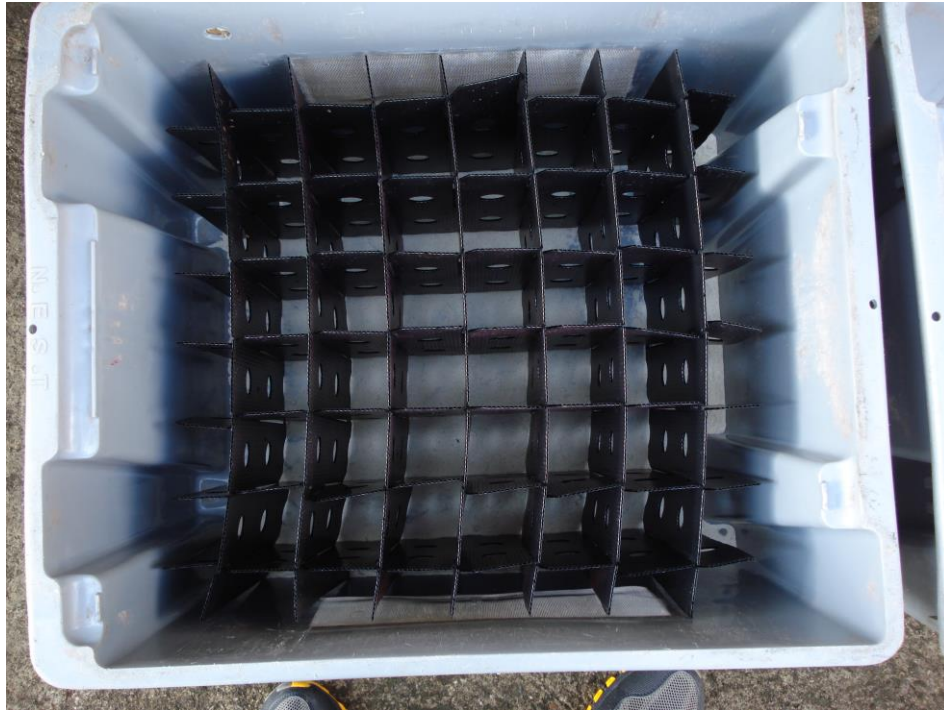


Figura 7. Descansadores de mosca.



Figura 8. Empaque y pesado de pupas.



Figura 9. Encuvación, unidad experimental.

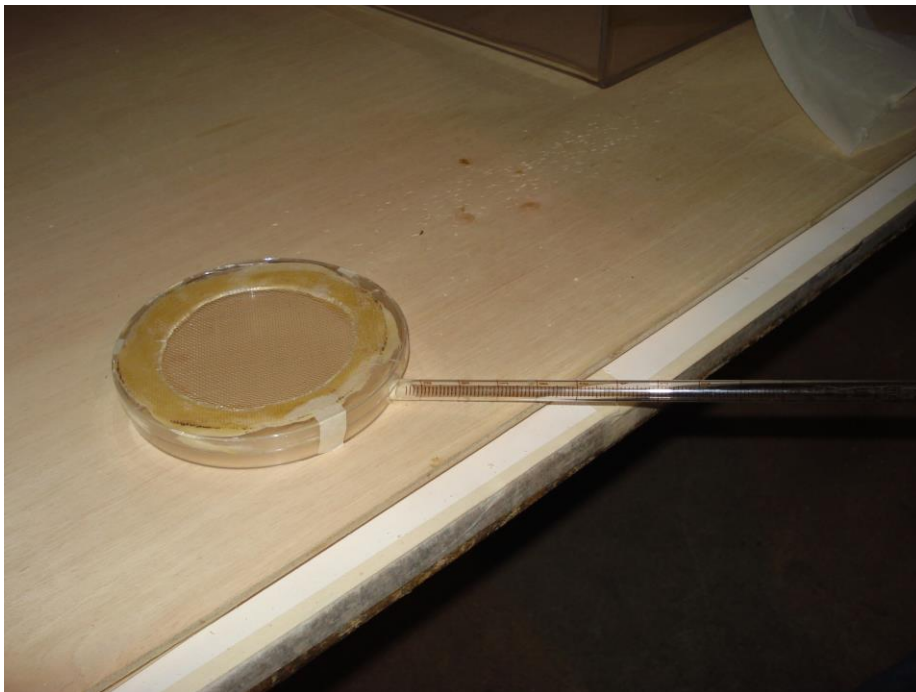


Figura 10. Introducción de mosca por tubo entomológico



Figura 11. Larva en fruto de café.



Figura 12. Microscopio ultravioleta.



Figura 13. Problemas de sedimentación de moscas en cajas parc.



Figura 14. Sala de emergencia. Apilación de cajas parc.



Figura 15. Unidad experimental con tubo entomológico.



3 CAPÍTULO III

**INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROGRAMA MOSCAMED
ALTIPLANO CENTRAL, CHIMALTENANGO Y SUBSEDE BARBERENA, SANTA
ROSA.**

3.1 PRESENTACION

El presente documento se llevó a cabo en la fase de ejercicio profesional supervisado de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene información de los servicios realizados durante el período de febrero a septiembre de 2012 en el Centro de Operaciones del Altiplano Central Moscamed Chimaltenango, Guatemala, y las fincas Capetillo ubicada en el municipio de San Juan Alotenango y San Sebastián ubicada en San Miguel Dueñas del departamento de Sacatepéquez; así como en la subsede regional del Programa Moscamed, Barberena Santa Rosa, realizando actividades durante los meses de septiembre a noviembre 2012. Los servicios realizados fueron propuestos por autoridades de Moscamed según el plan operativo del proyecto y así cumplir con las metas establecidas por el Programa en donde se brindó apoyo profesional en la operativa y dirección de los proyectos.

El primer servicio trato sobre la “Evaluación de la metodología utilizada en el proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo en las fincas de café San Sebastián, San Miguel Dueñas y Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

En este servicio se logró modificar la metodología utilizada en el proyecto, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo en los siguientes procesos: reacomodación de la sala de emergencia, debido a que no presentaba hermetismo y estaba expuesta a presencia de insectos predadores de la mosca, se cambió la hora de liberación porque se detectó un estado inactivo de las moscas debido a las bajas temperaturas y alta humedad relativa de la mañana en el área de liberación, se cambió la dieta alimenticia por ser higroscópica y ocasionaba una sedimentación del azúcar en el fondo de la caja Parc, ocasionando que las moscas se quedaran adheridas en la base de la caja.

El segundo consistió en evaluar la efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio en la sub sede Moscamed Barberena en el departamento de Santa Rosa”. En la evaluación efectividad biológica de la estación cebo tipo Magnetmed en condiciones de laboratorio, se determinó que la efectividad de la estación dura hasta seis semanas inclusive sin deteriorarse. Al comparar la de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio, se determinó que la estación cebo tipo Magnetmed es más eficiente para el control de la mosca del Mediterráneo debido a que actúa por contacto directo entre la superficie de la estación cebo y el cuerpo del insecto.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

El primer servicio “Elaboración del sistema de liberación de mosca estéril en el proyecto diseminadores de *Beauveria bassiana*”, fue realizado en el laboratorio del centro de operaciones del Altiplano Central del Programa Moscamed, ubicado en el kilómetro 58 carretera interamericana aldea Buena Vista, Chimaltenango, Guatemala, para culminar en campo en las fincas de café San Sebastián en San Miguel Dueñas y Capetillo en San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

El segundo servicio se realizó en las instalaciones de la subsele regional del Programa Moscamed, ubicada en Barberena, Santa Rosa.

3.3 OBJETIVO GENERAL

- Contribuir en la ejecución del proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, del Programa Moscamed.

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 Primer servicio: Evaluación de la metodología utilizada en el proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo en las fincas de café San Sebastián, San Miguel Dueñas y Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

3.4.1.1 Antecedentes

La presencia de la plaga Mosca del Mediterráneo, ocasiona pérdidas de cosechas y dificulta el intercambio comercial entre áreas infestadas y áreas libres. Por esta situación es necesario controlar y erradicar este insecto en diversos países de América.

El programa actúa con diversas operaciones de campo de alta tecnología para cumplir con este objetivo, y una de ellas es la liberación de machos estériles en campo que la utilizan como medida de supresión biológica. Cada una de las acciones está sujeta a un estricto control de calidad que tiene como marco de referencia los manuales de procedimientos; pero no siempre se aplican a las condiciones climáticas y estructurales de cada proyecto, es ahí donde entra en juego el criterio profesional, reacomodamiento de espacios y evaluación de metodologías para el buen desarrollo de la técnica que tiene como único objetivo alcanzar los mayores estándares de liberación de macho estéril en campo.

3.4.1.2 Objetivo Especifico

- Evaluar la metodología utilizada en el proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo.

3.4.1.3 Metodología

Con la información bibliográfica recopilada, se realizó un diagnóstico que determinó los puntos claves en donde teníamos deficiencia o problemas, posteriormente se hizo una reacomodación de los procedimientos para la implementación de un sistema eficiente de liberación de moscas estériles, los mismos fueron presentados al supervisor del proyecto para que se tomaran en consideración y practicaran metodologías innovadoras y eficientes para el manejo de estos procedimientos, desde el empaque, traslado de la pupa y liberación, dándole las condiciones favorables para que la mosca tenga un buen desarrollo y pueda ejercer su labor de competir en campo con machos silvestres.

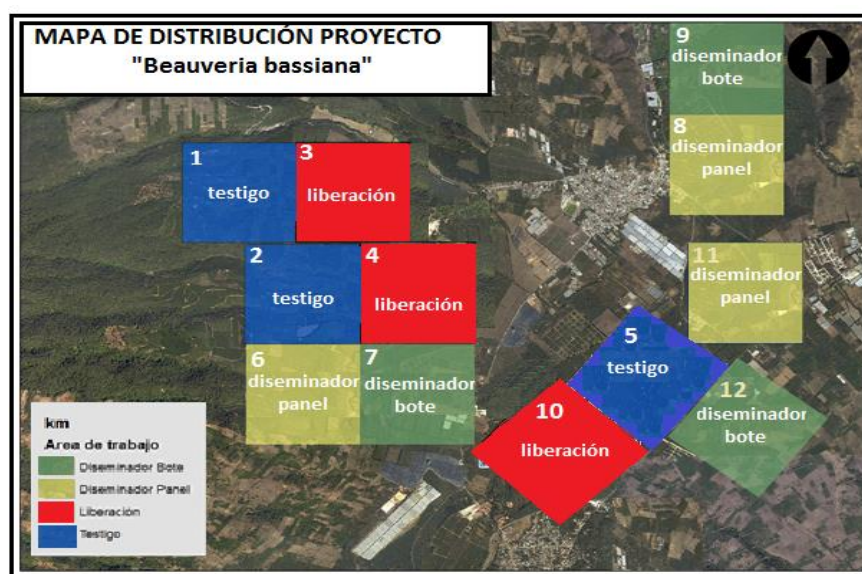


Figura 16. Mapa de distribución de parcelas proyecto "Beauveria bassiana"

La actividad de liberación de moscas estériles usadas como vectores fue realizada una vez a la semana durante el tiempo del proyecto, seleccionando 3 bloques y ubicando 12 puntos en cada bloque de liberación (figura 16 bloques color rojo).

Las pupas provenientes de la planta "El Pino", el día de su liberación, fueron inoculadas con 0.0001 g de conidios por mosca, y se liberaron en forma terrestre a una densidad de 4,800 adultos por hectárea, dando un total de 0.48 g de conidios/ha. La inoculación se realizó a través de un orificio de 2 cm de diámetro hecho en la pared de cada caja PARC en donde se introdujo la manguera de un aspersor para polvos (Guarany Industria e Comercio Ltda, Sao Pablo, Brasil) y se aplicaron 3 gramos de conidios por cada caja (figura 17).



Figura 17. Inoculación moscas utilizadas como vectores.

Las moscas inoculadas, fueron trasladadas al sitio de liberación a las seis de la mañana, a esta hora las moscas se encontraban en estado inactivo. Se observó que a esta hora (6:00 am) existen bajas temperaturas y alta humedad relativa en el ambiente lo que provoca a la mosca el estado inactivo, este fue uno de los principales problemas detectados en el campo. (Figura 18).



Figura 18. Problema detectado en campo.



Figura 19. Caja PARC y momento de la liberación.

3.4.1.4 Resultados

Identificados los problemas en los procesos de empaque, traslado y liberación de mosca en campo, se procedió a realizar los siguientes cambios en los procedimientos de la metodología propuesta:

A. Reacomodación de la sala de emergencia:

Debido a que la sala de emergencia estaba ubicada en un lugar no adecuado expuesta a presencia de insectos predadores de la mosca y no era totalmente hermética, se procedió a trasladar la sala de emergencia a una nueva localidad con mayor hermetismo y menor intensidad lumínica, lo que causó un mayor porcentaje de eclosión de pupas estériles.

B. Toma de datos en la sala de emergencia:

Se compraron instrumentos de medición de temperatura como termómetros e higrómetros, se colocaron dentro de la nueva sala de emergencia. Al realizar las mediciones de temperatura y humedad relativa periódicamente, se determinó que la humedad relativa sobre pasaba el límite requerido de 60%, debido a esto se compró un deshumificador casero y se colocó en la sala de emergencia para nivelar la humedad relativa dentro de la sala.

C. Modificación de la hora de liberación:

Siguiendo la metodología establecida del proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, inicialmente se liberaron las moscas inoculadas a las seis de la mañana, al realizar el monitoreo de liberación, se detectó un estado inactivo de las moscas debido a las bajas temperaturas y alta humedad relativa de la mañana, en el área de liberación, Finca San Sebastián ubicada en San Miguel Dueñas y Finca Capetillo ubicada en San Juan Alotenango, se observó que las moscas no ejercían su labor de competencia con machos silvestres por las hembras. Con base a lo anterior, se determinó modificar la hora de la liberación de las moscas para las nueve de la mañana, a esta hora desapareció el estado inactivo de la mosca que se presentaba a las seis de la mañana y se observó una mayor actividad de las mismas.

D. Cambio de la dieta alimenticia:

En el proceso de empaque de las pupas de la mosca, se identificó que la dieta que se utilizaba era higroscópica y ocasionaba una sedimentación del azúcar en el fondo de la caja Parc, ocasionando que las moscas se quedaran adheridas en la base de la caja, debido a este fenómeno se determinó cambiar la dieta y se utilizó harinas extrafinas en presentación polvo elaborado a base de Arándano, con esta práctica se logró disminuir la humedad dentro de las cajas Parc y mantener seca la base de la caja.

3.4.1.5 CONCLUSIONES

- Se modificó la metodología utilizada en el proyecto “Diseminadores de *Beauveria bassiana*”, durante el empaque, traslado y liberación en campo de la mosca del Mediterráneo en los siguientes procesos: reacomodación de la sala de emergencia, cambio de la hora de liberación y cambio de la dieta alimenticia.

3.4.2 Segundo servicio: “Evaluación de la Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio en la sub sede Moscamed Barberena en el departamento de Santa Rosa”.

3.4.2.1 ANTECEDENTES

En los años en que las condiciones climáticas son favorables para la plaga, la población de Moscas de la fruta alcanza niveles críticos, lo que determina que las medidas de control químico deban incrementarse, con tratamientos más frecuentes. En esta situación es conveniente tratar en forma simultánea todas las plantaciones de café y utilizar diferentes tipos de control para evitar el avance a zonas donde no ha sido detectada la plaga.

Uno de los métodos de control utilizados son las estaciones cebo, que tienen como finalidad el controlar la Mosca del Mediterráneo en lugares donde las condiciones climáticas disminuyen la efectividad de las aspersiones. En las estaciones cebo se coloca el insecticida- atrayente para el control de la Mosca del Mediterráneo en campo, eliminando los estados adultos de la plaga, es un método de control efectivo que se utiliza en ciertas épocas del año y en determinadas áreas de trabajo del Programa MOSCAMED en Guatemala.

Para la instalación de las estaciones cebo, es importante contar con el conocimiento de: longevidad de la estación-cebo, fenología de los hospedantes, ciclo de vida y fluctuación poblacional de la plaga, que se presenta en las diferentes áreas de trabajo. (Programa MOSCAMED, GT.2012)

3.4.2.2 OBJETIVO

- Evaluar la efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio en la sub sede Moscamed.

3.4.2.3 Metodología

La evaluación consistió en exponer a condiciones de campo y evaluar la efectividad para matar moscas adultas con estaciones cebo tipo Magnetmed, que es un sobre de color blanco con atrayentes sexuales y su exterior se encuentra impregnado de deltametrina, que es un insecticida de la familia de los piretroides; y estaciones tipo Wax, las cuales son cajas conteniendo en el exterior cebo a base de Spinosad.

Se utilizó como comparadores estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax que no fueron expuestas a condiciones de campo. La evaluación de la efectividad consistió en someter moscas adultas estériles al contacto con las estaciones expuestas a condiciones de campo y las utilizadas como comparadores, para posteriormente evaluar el efecto que tuvieron sobre las moscas. Los datos fueron tomados una vez por semana, durante 13 semanas, los cuales al finalizar fueron enviados al programa Moscamed.

La evaluación consistió en dos fases:

Primera fase:

1. Se procedió a seleccionar 15 moscas estériles adultas provenientes de la planta de producción El Pino ubicadas en Barberena Santa Rosa.
2. Posteriormente fueron aisladas individualmente en tubos de ensayo.
3. Luego fueron expuestas durante 15 segundos cada mosca a la estación cebo Magnetmed tomando el tiempo de inicio y final de exposición.
4. Este procedimiento se repitió con las mismas condiciones y proporciones de mosca con el tratamiento testigo.
5. Se calculó el promedio de los tiempos en minutos de la estación Magnetmed tanto con protección, como sin protección.
6. No fue necesario exponerlas a la estación cebo tipo Wax debido a que el modo de acción de esa estación cebo es por ingestión.

Segunda fase:

1. Se procedió a seleccionar cuatro jaulas de campo.
2. En cada jaula de campo se ingresó una estación cebo por tratamiento

Cuadro 7. Tratamientos evaluados en la segunda fase de la Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.

Jaula 1	Estación cebo tipo Magnetmed con protección.
Jaula 2	Estación cebo tipo Magnetmed sin protección, expuesta totalmente al efecto ambiental.
Jaula 3	Estación cebo tipo Wax con protección.
Jaula 4	Estación cebo tipo Wax sin protección, expuesta totalmente al efecto ambiental.

3. Se colocó en cada una de las jaulas 15 moscas estériles adultas provenientes de la planta de producción El Pino ubicada en Barberena Santa Rosa.
4. Se contabilizó la mortalidad en cada jaula a los 15 minutos, 30, 45, 60, 180 y mayor de 180 minutos.
5. Se calculó en porcentaje la mortalidad de cada jaula.



Figura 20. Estación cebo tipo Wax.



Figura 21. Estación cebo tipo Magnetmed

3.4.2.4 Resultados

A continuación se muestran los resultados de la fase uno donde se evalúa efectividad biológica de la estación cebo tipo Magnetmed en condiciones de laboratorio, y en la que se evaluó el tiempo de mortalidad de la mosca.

Cuadro 8. Promedio de los tiempos en minutos obtenidos en la fase uno de la evaluación de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.

semana	ESTACIÓN MAGNETMED	
	INTERIOR	EXTERIOR
	Tiempo Promedio	Tiempo Promedio
1	00:03:44	00:04:24
2	00:04:04	00:05:04
3	00:04:16	00:05:44
4	00:04:20	00:05:28
5	00:04:52	00:04:04
6	00:04:56	00:04:52
7	00:06:16	00:04:36
8	00:06:20	00:07:08

En el cuadro 8 se muestran los promedios de los resultados obtenidos en minutos de mortalidad de moscas individuales en la primera fase durante las ocho semanas que duro la evaluación. Los datos demuestran un incremento en el tiempo paralelo a la semana en que se realizó la evaluación, se puede observar que a medida que el cebo se deteriora, se incrementa el tiempo de mortalidad; con base a lo anterior se recomienda cambiar la estación cada seis semanas para mantener una mayor efectividad en el control de la plaga.

En la fase dos se evaluó la efectividad biológica de la estación cebo tipo Magnetmed y tipo Wax en jaulas bajo condiciones de laboratorio y en el que se evaluó el porcentaje de mortalidad de moscas por jaula.

Cuadro 9. Promedio del porcentaje de mortalidad obtenido en la fase dos de la evaluación de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en el departamento de Santa Rosa.

JAU LAS				
Semana	MAGNETMED		WAX	
	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN
1	100%	100%	93%	87%
2	100%	100%	73%	67%
3	100%	100%	47%	20%
4	100%	100%	53%	13%
5	100%	100%	53%	13%
6	100%	100%	47%	13%
7	100%	100%	40%	13%
8	53%	93%	40%	0%

En el cuadro 9 se muestran los resultados promedios del porcentaje de mortalidad obtenidos en la fase dos de la evaluación, los cuales demuestran una efectividad del 100% de la estación cebo tipo Magnetmed hasta la semana 7, en la que se obtuvo un descenso en el porcentaje de mortalidad de la estación.

Es evidente la diferencia de efectividad entre las dos tipos de estaciones evaluadas, debido a que la estación cebo tipo Magnetmed trabaja por contacto directo entre la superficie de la estación cebo y el cuerpo del insecto. Los resultados obtenidos en la estación cebo tipo Wax demuestran una eficiencia inferior comparada con la tipo Magnetmed, debido a que esta trabaja mediante la ingesta del producto a base de Spinosad por lo que el modo de acción es más lento y menos eficaz.

Este servicio se realizó durante ocho semanas en los meses de noviembre y diciembre del año 2012 periodo en el que se finalizó el Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) Los datos obtenidos fueron enviados semanalmente al Programa Moscamed para su posterior análisis estadístico.

3.4.2.5 Conclusiones

1. En la evaluación efectividad biológica de la estación cebo tipo Magnetmed en condiciones de laboratorio, se determinó que la efectividad de la estación dura hasta seis semanas inclusive sin deteriorarse.
2. Al comparar la de Efectividad biológica de estaciones cebo tipo Magnetmed y Wax en condiciones de laboratorio, se determinó que la estación cebo tipo Magnetmed es más eficiente para el control de la mosca del Mediterráneo debido a que actúa por contacto directo entre la superficie de la estación cebo y el cuerpo del insecto.

3.4.2.6 Bibliografía

1. Programa MOSCAMED, GT. 2012. Biología y ecología de la mosca del mediterraneo (en línea). Guatemala. Consultado 21 feb 2014. Disponible en <http://www.moscamed-guatemala.org.gt/?secc=Informacion>