

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



**CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*) EN EL RAQUIS
DE PALMA ACEITERA (*Elaeis Guineensis*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS,
ALTA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.**

GUSTAVO ADOLFO DE PAZ SANTIZO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

REALIZADO EN EL CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*)
EN EL RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis Guineensis*), DIAGNÓSTICO
Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE
LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

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

POR

GUSTAVO ADOLFO DE PAZ SANTIZO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNIFICO

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

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 | P. Forestal. | Sindi Benita Simón Mendoza |
| VOCAL QUINTO | Br. | Sergio Alexander Soto Estrada |
| SECRETARIO | Dr. | Mynor Raúl Otzoy Rosales |

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2014

Guatemala, septiembre 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 titulado:

“CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*) EN EL RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis Guineensis*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA C.A..”

Como requisito previo a optar al 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”

GUSTAVO ADOLFO DE PAZ SANTIZO

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme la sabiduría, el valor y el apoyo espiritual para perseguir mis sueños en cada etapa de mi vida demostrando que siempre está conmigo.

MIS PADRES

Miriam Lucrecia Santizo y Cesar Adolfo De Paz, Porque gracias a ellos tengo mi educación y valores en bases solidas, porque de ellos aprendí que no hay fuerza más grande que la de una familia unida.

MIS HERMANOS

Luis Fernando y José Carlos, Por ser buenos amigos antes que hermanos y ser un apoyo para alcanzar mis sueños y compartir sus aspiraciones conmigo.

MIS ABUELOS

José María Santizo, Dora Ordoñez y Adela Molina, Porque han sido apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por sus consejos, por su cariño que es lo más lindo que me pueden dar.

MIS TÍOS

José María Santizo, Luis De Paz y Blanca Arévalo , por ser buenos consejeros, guía a seguir y por el cariño que me han dado.

MIS AMIGOS

Por ser esas personas incondicionales, esa familia que uno escoge, por cada aventura, por cada pena que hemos pasado juntos, mil gracias.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

MIS PADRES, ejemplos dignos de seguir.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, por darme el conocimiento para hacer producir la tierra y mi vida.

FACULTAD DE AGRONOMÍA, por ser la forjadora de agrónomos de éxito.

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA (E.N.C.A.), alma mater que me ayudo a dar mis primeros pasos en la agronomía.

MI FAMILIA, por el apoyo y amor incondicional.

MIS AMIGOS, por ser parte de esa familia que uno elige.

COMPAÑEROS DE TRABAJO, Carlos Ubaldo, Álvaro Gerónimo, Joselly Sarai, Nery, Estuardo Salguero, Amanda Girón.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios:

Por darme la capacidad de aprovechar los dones de la vida.

Los profesionales:

Ing. Agr. MsC. Heisler Gómez, por ser ejemplo de superación y desarrollo académico.
Ing. Agr. Marco Antonio Gregg Cruz por sus consejos en todo momento.

Mi Supervisor:

Ing. Agr. Fredy Hernández Ola, por su asesoría, apoyo y consejos durante el EPS.

Mis Asesores:

Ing. Agr. MsC. Heisler Gómez, por su asesoría y valioso conocimiento en la planificación de temas de investigación en entomología.
Ing. Agr. Álvaro Hernández por su valiosa asesoría en la finalización del documento de graduación.

La empresa:

NATURACEITES S.A. en Fray Bartolomé de las Casas; Alta Verapaz, por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y abrirme el panorama a otro sector de la agricultura nacional.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|---------------|
| ÍNDICE GENERAL | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| ÍNDICE DE CUADROS | vii |
| RESUMEN | viii |
| | |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| 1.1 PRESENTACIÓN..... | 2 |
| 1.2 MARCO REFERENCIAL..... | 3 |
| 1.2.1. Localización geográfica y vías de acceso | 3 |
| 1.2.2. Condiciones edafoclimáticas..... | 4 |
| 1.2.3. Relieve y topografía..... | 5 |
| 1.2.4. Hidrografía..... | 6 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 7 |
| 1.3.1. General..... | 7 |
| 1.3.2. Específicos..... | 7 |
| 1.4 METODOLOGÍA..... | 8 |
| 1.4.1. Entrevista a los trabajadores del laboratorio agrícola de la FTN..... | 8 |
| 1.4.2. Identificar los principales problemas del laboratorio técnico agrícola de la FTN..... | 8 |
| 1.4.3. Entrevistas al personal para determinar líneas de investigación..... | 9 |
| 1.4.4. Sistematización de datos..... | 9 |
| 1.4.5. Priorización de problemas encontrados..... | 9 |
| 1.5 RESULTADOS..... | 10 |
| 1.5.1. Organigrama del departamento agrícola..... | 10 |
| 1.5.2. Administración del laboratorio agrícola (división de control biológico-Parasitoides)..... | 10 |
| 1.5.3. Áreas de análisis del laboratorio agrícola..... | 11 |
| 1.5.4. Recursos del laboratorio..... | 11 |
| 1.5.5. Problemas identificados en el laboratorio..... | 12 |
| 1.6 CONCLUSIONES..... | 15 |
| 1.7 RECOMENDACIONES..... | 15 |
| 1.8 BIBLIOGRAFÍA..... | 16 |
| | |
| CAPÍTULO 2 | 17 |
| 2.1 PRESENTACIÓN..... | 18 |
| 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 20 |
| 2.3 MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 2.3.1. Manejo Integrado de la Mosca Doméstica..... | 21 |
| 2.3.2. Métodos de control de plagas..... | 21 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.3.3. | La <i>Musca DOMÉSTICA</i> (L)(Díptera:Muscidae)..... | 22 |
| 2.3.4. | Clasificación de la <i>Musca domestica</i> | 23 |
| 2.3.5. | Biología y características..... | 24 |
| 2.3.6 | Ciclo de vida de la Mosca doméstica..... | 24 |
| A | Huevos..... | 24 |
| B | Criaderos y/o medios de desarrollo..... | 25 |
| C | Larvas..... | 25 |
| D | Pupa..... | 26 |
| E | Adulto..... | 26 |
| F | Resumen del ciclo de vida de la mosca doméstica según varios autores..... | 27 |
| G | Alimento de los adultos..... | 28 |
| H | Vuelo..... | 28 |
| I | Temperatura y Humedad..... | 29 |
| 2.3.7. | Métodos de control de Mosca doméstica (<i>M. DOMÉSTICA</i>)..... | 29 |
| 2.3.8. | Conceptos básicos de la Palma Aceitera asociado a la investigación..... | 30 |
| A | Importancia económica y distribución geográfica..... | 30 |
| B | Inflorescencias de la Palma aceitera..... | 30 |
| C | Frutos de la palma aceitera..... | 31 |
| D | Interacción Raquis-Mosca..... | 31 |
| 2.4 | OBJETIVOS..... | 33 |
| 2.4.1. | General..... | 33 |
| 2.4.2. | Específicos..... | 33 |
| 2.5 | Metodología..... | 34 |
| 2.5.1. | Lugar y época..... | 34 |
| 2.5.2. | Área experimental..... | 34 |
| A | Clima..... | 34 |
| B | Materiales..... | 36 |
| 2.5.3. | Montaje del experimento..... | 36 |
| 2.5.4. | Diseño experimental..... | 38 |
| 2.5.5. | Variable respuesta..... | 39 |
| A | Tiempo crítico susceptible de colonización..... | 39 |
| B | Contenido nutricional del raquis en función del tiempo..... | 39 |
| C | Cantidad de larvas..... | 39 |
| D | Temperatura del raquis..... | 40 |
| E | Humedad..... | 40 |
| 2.5.6. | Medición de variables..... | 40 |
| A | Medición del tiempo crítico susceptible de colonización..... | 40 |
| B | Medición del contenido nutricional del raquis en función del tiempo..... | 41 |
| C | Medición de la cantidad de larvas/racimo..... | 41 |
| D | Medición de la temperatura..... | 42 |
| E | Medición del porcentaje de humedad del raquis..... | 42 |
| 2.5.7. | Muestreo..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.8. Tratamientos..... | 43 |
| 2.5.9. Unidad experimental..... | 44 |
| 2.5.10. Análisis de la información..... | 44 |
| 2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 45 |
| 2.6.1. Fluctuación de Población de larvas de mosca doméstica sobre el raquis de palma..... | 45 |
| A Fluctuación Poblacional en el estrato superior..... | 47 |
| B Fluctuación Poblacional en el estrato inferior..... | 49 |
| 2.6.2. Factores que influyen en la colonización de raquis de palma aceitera..... | 53 |
| A Evaluación de estrato inferior de la pila de raquis..... | 53 |
| B Evaluación de estrato superior de la pila de raquis..... | 58 |
| 2.6.3. Influencia contenido nutricional en colonización de mosca en el raquis de palma aceitera | 63 |
| 2.7. CONCLUSIONES..... | 66 |
| 2.8. RECOMENDACIONES..... | 67 |
| 2.9. BIBLIOGRAFÍA..... | 68 |
| | |
| CAPÍTULO III..... | 70 |
| | |
| 3.1. PRESENTACIÓN..... | 71 |
| 3.2. ELABORACIÓN DE MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA CRIANZA DE PARASITOIDES DE MOSCA | 73 |
| 3.2.1. Objetivos..... | 73 |
| 3.2.2. Metodología..... | 74 |
| 3.2.3. Resultados..... | 74 |
| 3.2.4. Evaluación..... | 74 |
| 3.2.5. Constancias..... | 75 |
| 3.3. ELABORACIÓN DE MANUAL TÉCNICO PARA CRIANZA DE PARASITOIDES DE MOSCA DOMÉSTICA. | 76 |
| 3.3.1. Objetivos..... | 77 |
| 3.3.2. Metodología..... | 78 |
| 3.3.3. Resultados..... | 78 |
| 3.3.4. Evaluación..... | 78 |
| 3.3.5. Constancias..... | 79 |
| 3.4. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE EMERGENCIA DE PARASITOIDES EN CONDICIONES DE LAB..... | 80 |
| 3.4.1. Objetivos..... | 80 |
| 3.4.2. Metodología..... | 80 |
| 3.4.3. Resultados..... | 81 |
| 3.4.4. Recomendaciones..... | 86 |
| 3.5. ENSAYOS DE LIBERACIÓN DE PARASITOIDES DE MOSCA DOMÉSTICA EN CAMPO ABIERTO..... | 87 |
| 3.5.1. Objetivos..... | 87 |
| 3.5.2. Metodología..... | 87 |
| 3.5.3. Resultados..... | 88 |
| Fluctuación de la temperatura del raquis de palma aceitera en función del tiempo de | |
| 3.6. descomposición..... | 90 |
| 3.6.1. Objetivos..... | 90 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.6.2. Metodología..... | 90 |
| A) Determinación de edades del raquis para el muestreo de temperatura..... | 90 |
| B) Determinación de la posición para la toma de datos..... | 91 |
| C) Determinación de la temperatura del raquis..... | 91 |
| 3.6.3. Resultados..... | 91 |
| A) Comportamiento de la temperatura en raquis de cero meses de descomposición | 92 |
| B) Comportamiento de la temperatura en raquis de tres meses de descomposición | 92 |
| C) Comportamiento de la temperatura en raquis de cinco meses de descomposición | 93 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Mapa de ubicación de Fray Bartolomé de las Casas, ING..... | 4 |
| Figura 2 | Mapa de acceso de Fray Bartolomé de las Casas..... | 5 |
| Figura 3 | Organigrama del departamento Agrícola de la empresa Naturaceites..... | 10 |
| Figura 4 | Instalaciones no aptas para cría de parasitoides..... | 13 |
| Figura 5 | Producción de parasitoides con múltiples fuentes de contaminación..... | 13 |
| Figura 6 | Jaulas de cría de moscas..... | 13 |
| Figura 7 | Nuevas instalaciones para la cría de parasitoides..... | 13 |
| Figura 8 | Racimo de palma aceitera con endocarpio..... | 31 |
| Figura 9 | Racimo de palma aceitera sin endocarpio (raquis de palma)..... | 31 |
| Figura 10 | Comportamiento de la temperatura media ambiental (°C) durante el experimento..... | 34 |
| Figura 11 | Comportamiento de la humedad relativa media durante el experimento..... | 35 |
| Figura 12 | Comportamiento de la precipitación pluvial media mensual durante el experimento..... | 35 |
| Figura 13 | Distribución de los tratamientos y arreglo de bloques..... | 37 |
| Figura 14 | Dimensiones de la unidad experimental..... | 38 |
| Figura 15 | Comportamiento de la población de mosca DOMÉSTICA, humedad y temperatura del raquis... | 45 |
| Figura 16 | Modelo de ajuste de la colonización de mosca en el raquis de palma aceitera..... | 46 |
| Figura 17 | Fluctuación de la población de larvas en el estrato superior..... | 47 |
| Figura 18 | Comportamiento de la población de moscas acumulado en el estrato superior..... | 48 |
| Figura 19 | Fluctuación de la población de moscas respecto a la temperatura y humedad del raquis..... | 49 |
| Figura 20 | Fluctuación de la población de larvas en el estrato inferior..... | 50 |
| Figura 21 | Comportamiento acumulado de larvas en el estrato inferior..... | 51 |
| Figura 22 | Comportamiento de población de larvas vrs temperatura y humedad de raquis E. inferior..... | 51 |
| Figura 23 | Comparación de temperatura media y el % de humedad del raquis en E. inferior y superior... | 60 |
| Figura 24 | Portada del manual de procedimientos del insectario de la Empresa Naturaceites S.A..... | 75 |
| Figura 25 | Sección de manual de procedimientos 1..... | 75 |
| Figura 26 | Sección de manual de procedimientos 2..... | 75 |
| Figura 27 | Sección de manual de procedimientos 3..... | 75 |
| Figura 28 | Portada del manual técnico..... | 79 |
| Figura 29 | Sección manual técnico 1..... | 79 |
| Figura 30 | Sección manual técnico 2..... | 79 |
| Figura 31 | Sección manual técnico 3..... | 79 |
| Figura 32 | Curva de emergencia de parasitoides en condiciones de laboratorio..... | 84 |
| Figura 33 | Curva de emergencia de parasitoides acumulado en función del tiempo..... | 85 |
| Figura 34 | Estilo 1 de liberación de parasitoides en campo | 88 |
| Figura 35 | Estilo 2 de liberación de parasitoides en campo | 88 |
| Figura 36 | Estilo 3 de liberación de parasitoides en campo | 88 |
| Figura 37 | Estilo 4 de liberación de parasitoides en campo | 88 |
| Figura 38 | Aplicación de raquis alrededor de las palmas jóvenes en campo..... | 89 |
| Figura 39 | Colocación de sobres con parasitoides en palmas jóvenes con raquis alrededor..... | 89 |
| Figura 40 | Ubicación de puntos de muestreo de temperatura en la pila de raquis..... | 91 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 41 | Comportamiento de la temperatura en raquis de cero meses de descomposición..... | 92 |
| Figura 42 | Comportamiento de la temperatura en raquis de tres meses de descomposición..... | 93 |
| Figura 43 | Comportamiento de la temperatura en raquis de cinco meses de descomposición..... | 94 |
| Figura 44 | Fluctuación de la temperatura en función del tiempo de descomposición del raquis..... | 94 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|---------------|
| Cuadro 1 Métodos de control usados en manejo integrado de plagas..... | 22 |
| Cuadro 2 Clasificación taxonómica de la <i>Musca DOMÉSTICA</i> | 23 |
| Cuadro 3 Resumen del ciclo de vida de la <i>Musca DOMÉSTICA</i> | 28 |
| Cuadro 4 Materiales usados en el experimento..... | 36 |
| Cuadro 5 Metodología utilizadas para análisis nutricional..... | 41 |
| Cuadro 6 Tratamientos y descripción..... | 43 |
| Cuadro 7 Datos obtenidos de campo, factores bióticos y abióticos para el estrato inferior de la pila..... | 54 |
| Cuadro 8 Análisis de correlación de pearson de larvas vrs factores climáticos para el estrato inferior.... | 54 |
| Cuadro 9 Resultados del Análisis de varianza para el estrato inferior..... | 55 |
| Cuadro 10 Datos para análisis de regresión lineal..... | 56 |
| Cuadro 11 Análisis de regresión lineal del estrato inferior para la variable larvas en función del tiempo.. | 56 |
| Cuadro 12 Coeficientes y estadísticos asociados al estrato inferior..... | 56 |
| Cuadro 13 Análisis de varianza para el estrato inferior en función del tiempo de descomposición..... | 57 |
| Cuadro 14 Resultados del Análisis del número de larvas para el estrato superior..... | 58 |
| Cuadro 15 Datos para Análisis de regresión lineal del numero de larvas vrs tiempo de descomposición... | 58 |
| Cuadro 16 Análisis de correlación de pearson para el estrato superior..... | 59 |
| Cuadro 17 Análisis de regresión lineal del estrato superior para la variable larvas en función del tiempo | 61 |
| Cuadro 18 Coeficientes de regresión y estadísticos asociados al estrato superior..... | 61 |
| Cuadro 19 Análisis de varianza para el estrato superior en fn. del tiempo de descomposición..... | 62 |
| Cuadro 20 Resultados del Análisis nutricional del raquis..... | 63 |
| Cuadro 21 Ajuste de modelos asociados al contenido nutricional y la cantidad de larvas de mosca..... | 64 |
| Cuadro 22 Resumen de toma de datos de emergencia de parasitoides en condiciones de laboratorio..... | 82 |
| Cuadro 23 Emergencia de parasitoides promedio de parasitoides/día..... | 83 |

CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA EN RAQUIS DE PALMA ACEITERA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado obtenido de la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), en el área de la franja transversal del norte en la Finca Yalcobé que pertenece al municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz., de agosto 2012 a mayo 2013 y que constó de tres etapas importantes: diagnóstico, investigación y servicios.

El diagnóstico consistió en dos componentes, el primero se centró en conocer las condiciones físicas, infraestructura y personal del área de Laboratorio Agrícola, se determinó que para el área de producción de parasitoides no existían manuales de procedimientos ni manuales técnicos, necesarios para la sistematización y estandarización de la producción de parasitoides. El segundo componente fue evaluar la situación actual de los problemas que presenta la empresa, y proyectos de investigación que se estaban llevando a cabo durante el diagnóstico, se determinó que no existía investigación sobre el control de mosca doméstica en el raquis de palma aceitera siendo un problema de prioridad para la empresa.

La investigación realizada consistió en la determinación del tiempo de colonización de la mosca doméstica sobre el raquis de palma. Se monitoreó el raquis con muestreos de larvas de mosca a intervalos de 30 días, durante un periodo de 210 días de evaluación. Las poblaciones de mosca se dieron en mayor cantidad entre los 10 y 120 días después de la exposición del raquis, registrando una temperatura media de 33.13 °C y una humedad del raquis del 43.73%. Las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de la mosca doméstica se dieron entre los 30 y 35 °C. Según el análisis estadístico la presencia, desarrollo y crecimiento de larvas de mosca doméstica en el raquis de palma aceitera está influida por la humedad y temperatura del medio.

A través de los servicios se contribuyó con la elaboración de manuales técnicos y manuales de procedimientos que detallan la crianza y reproducción de mosca doméstica para la producción de parasitoides de la misma.



1.1. PRESENTACIÓN

El laboratorio técnico agrícola de la empresa Naturaceites se encuentra ubicado en el área de la franja transversal del norte en la finca Yalcobé que pertenece al municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. Este laboratorio provee de información al departamento de sanidad y nutrición vegetal del área de Alta Verapaz. El laboratorio cuenta con equipo básico para el manejo de muestras vegetales y de determinación de plagas y enfermedades, principalmente determinación de la presencia del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* transmitido por *Rinconphorus palmarum*, siendo este el vector del nematodo causante de la enfermedad conocida como anillo rojo de la palma.

La empresa Naturaceites dentro de las diferentes áreas de operación cuenta con el apoyo directo del laboratorio técnico agrícola que depende del departamento de sanidad vegetal ejecutando un rol importante en el desarrollo del cultivo de la palma.

El laboratorio técnico agrícola de la finca Yalcobé cuenta con 4 líneas de desarrollo importantes, análisis de muestras de presencia de nematodos en el vector y tejidos dañados, preparación de muestras de suelo y vegetales para análisis de nutrición vegetal, reproducción de parasitoides para el control de moscas en raquis y desarrollo del botadero de raquis para descomposición. El laboratorio brinda este servicio para siete fincas ubicadas en las inmediaciones de la transversal del norte dando los datos necesarios para realizar las acciones preventivas y/o correctivas necesarias para un buen desarrollo de las plantaciones.

Una de las líneas de desarrollo del laboratorio técnico agrícola es el control de la mosca DOMÉSTICA (*Musca DOMÉSTICA*) que no es considerada una plaga del cultivo pero es un problema de la empresa, ya que uno de los desechos luego de la extracción del aceite, es el raquis y este es apetecido por dicho insecto, considerándose un problema social, más no, un problema del cultivo como tal.

1.2. MARCO REFERENCIAL

Naturaceites es una empresa que se dedica a la producción de aceite y sus derivados obtenidos de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), repartida en 3 grandes zonas de producción (área del Polochic, franja transversal del norte y peten). El área de estudio se encuentra en la finca Yalcobé ubicada en el municipio de Fray Bartolomé de las casas departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

1.2.1. Localización geográfica y vías de acceso

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas se localiza al norte del departamento de Alta Verapaz, Guatemala, América Central, a 15° 50' 44" latitud Norte y 89° 51' 57", longitud Oeste; a 146.34 metros sobre el nivel del mar.

El municipio se encuentra a tres horas de la cabecera departamental (Cobán), el cual consiste en un recorrido de 140 kilómetros que atraviesa las poblaciones de Chisec y Raxruhá, mismo recorrido que desde la Ciudad Capital es de 325 kilómetros, un promedio de ocho horas de viaje. Por la Franja Transversal del Norte (FTN) el recorrido es de 420 kilómetros (Guatemala - Río Dulce –Cadenas – Chahal – Fray Bartolomé), tomando esta vía de acceso el viaje se realiza en un estimado de nueve horas, servicio prestado por microbuses de trasbordo y la empresa Fuentes del Norte. Además existe la ruta nacional número cinco, que comunica al Municipio con la cabecera departamental de Cobán, por la ruta de Carchá, que tiene una distancia de 110 kilómetros en carretera de terracería.

Colinda al norte: con los municipios de Sayaxché y San Luís, del departamento de Petén; al sur: con los municipios de Santa María Cahabón y San Pedro Carchá, del departamento de Alta Verapaz, y al Oriente con los municipios de San Luís, del departamento de Petén y Chahal, Alta Verapaz y al Occidente con el municipio de Chisec, departamento de Alta Verapaz. (Figura 3)

1.2.2. Condiciones edafoclimáticas

Los suelos de esta zona son pobres en materia orgánica, a causa de las altas temperaturas y la erosión hídrica, que asociado a la ampliación de la frontera agrícola y la consiguiente destrucción de bosques y cubierta vegetal en general, empobrece la fertilidad de los suelos en forma constante. Los suelos de Fray Bartolomé de las Casas se dividen en seis series de suelos los cuales son: Cuxu (Cx), Chacalté (Cha), Guapaca (Gp), Sarstún (Sr), Sebol (Sb), y Tamahú (Tm). (Cruz, 1982)

El clima predominante es cálido húmedo, aunque en los meses de diciembre y enero existe una pequeña variante a templado con tendencia a frío. Se observan dos épocas: seca, en los meses de marzo a mayo, y lluviosa el resto del año.

Los vientos corren de noroeste a suroeste. La temperatura promedio percibida en el Municipio es de 29° centígrados; la mínima extrema de 14 grados centígrados y máxima extrema de 40° centígrados. La precipitación pluvial dura de ocho a nueve meses, con valores entre 1,500 a 4,000 milímetros anuales. (Cruz, 1982)

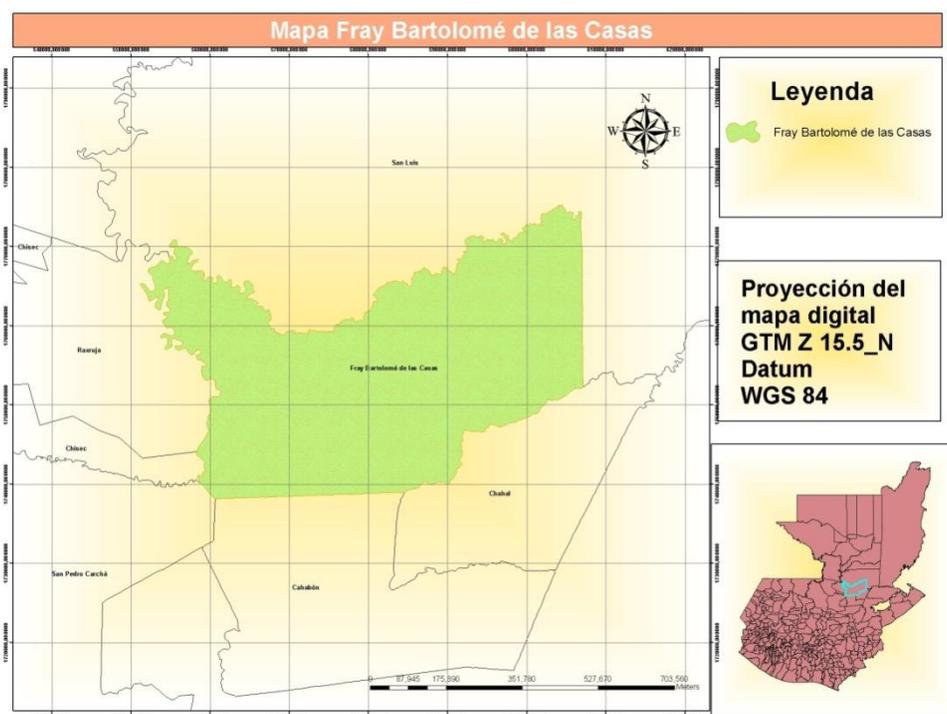


Figura 1. Mapa de ubicación de Fray Bartolomé de las Casas. Fuente ING



Figura 2. Mapa de accesos de Fray Bartolomé de las Casas.

1.2.3. Relieve y topografía

Es predominante la fisiografía denominada tierras altas sedimentarias, en las que el material parenteral es de origen calcáreo (carbonato de calcio), forma pequeñas elevaciones rocosas, montañas escarpadas, siguanes (sumideros), cavernas y mogotes (cerritos en forma de volcán). La topografía plana se localiza en la parte central y noroccidental, el área escarpada se localiza al sur en el pie de monte de la Sierra de Chamá, los ramales de las montañas Mayas se localizan al nororiente. Este relieve conforma la vertiente de los cuerpos de agua hacia el río La Pasión. Esto origina la escasez de fuentes de agua en la parte oriental del Municipio (Simmons, 1956).

1.2.4. Hidrografía

Este recurso es muy importante, constituye una de las principales fuentes de abastecimiento para el suministro de agua, especialmente para el casco urbano, los ríos primarios y su importancia económica en el Municipio son: El río Sebol, tiene una longitud desde su nacimiento de 60 kilómetros hasta que su caudal desemboca en el río Salinas. El Santa Isabel o Cancuen, su recorrido por el Municipio es de 122.50 kilómetros, nace en las montañas de Belice y desemboca en el río La Pasión.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Realizar un análisis de la situación actual del área de parasitoides del Departamento Técnico Agrícola de la empresa Naturaceites S.A. en el cultivo de Palma Africana en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir las funciones y situación actual del departamento técnico agrícola y sus procesos de crianza de parasitoides
- Identificar los principales problemas del departamento técnico agrícola en relación al área de parasitoides para el control de mosca común.
- Determinar líneas de investigación que solventen el problema de la mosca común en la finca Yalcobé.

1.4. METODOLOGÍA

La Empresa Naturaceites S.A. cuenta con 3 grandes zonas de trabajo; Zona del Polochic, Peten y la Franja Transversal del norte (FTN). En la zona de la FTN se encuentra el laboratorio agrícola, el cual se encarga de la determinación, monitoreo y cuantificación de *Bursaphelenchys cocophilus* transmitido por *Rinconphorus palmarum* entre otras actividades como el control de mosca doméstica (*Musca DOMÉSTICA*) en el raquis de palma.

Para la realización de este estudio, se tomaron en cuenta todos los integrantes del Laboratorio Agrícola que se encuentran en la finca Yalcobé.

A continuación se presentan las etapas en las que se llevo a cabo la metodología para la ejecución del diagnóstico.

1.4.1. Entrevista a los trabajadores del Laboratorio Agrícola de la FTN para conocer las distintas funciones dentro de la empresa Naturaceites S.A.

El listado de trabajadores se obtuvo directamente del encargado en jefe del laboratorio. Se realizó una presentación con el personal del departamento en el área de oficina y en el área de campo para conocer las distintas funciones que desempeña cada integrante y dar a conocer la incorporación al equipo de trabajo de la empresa. Se obtuvo información con pláticas de incorporación y reconocimiento directamente en las actividades de cada integrante del laboratorio con el objetivo de conocer la experiencia del personal involucrado en las actividades de producción de parasitoides del laboratorio.

1.4.2. Identificar los principales problemas del laboratorio técnico agrícola en el apoyo en el control de mosca común en el proceso de producción de Palma Africana.

La identificación de problemas se realizó de acuerdo a la recopilación de información sobre las investigaciones anteriormente realizadas en el laboratorio acerca del control de mosca así como los problemas en las distintas ramas de investigación dentro del laboratorio y el impacto que han tenido las investigaciones realizadas por el departamento.

1.4.3. Realizar entrevistas al personal del laboratorio sobre su percepción del área de trabajo y conocer los principales problemas que el personal identifica dentro del laboratorio para proponer líneas de investigación.

- Cuestionario informal para evitar evasión de información
- Registros de actividades y datos de producción del laboratorio.

1.4.4. Sistematización de datos obtenidos

Los datos fueron tabulados y se elaboró un árbol de problemas para identificar los problemas, causas y efectos.

1.4.5. Priorización de problemas encontrados

Se identificó un problema de interés para la empresa y se tomo como prioridad según la importancia dentro de la empresa.

1.5. RESULTADOS

El laboratorio agrícola está basado en función de la necesidad de solución a problemas que se tienen en el campo de cultivo. Este brinda apoyo al departamento de sanidad y nutrición vegetal en el manejo de muestras de suelo y muestras para análisis foliar. En algunos casos se incurre en recomendaciones en cuanto acciones de manejo y actividades preventivas para solucionar los problemas existentes en el campo.

1.5.1. Organigrama del departamento agrícola.

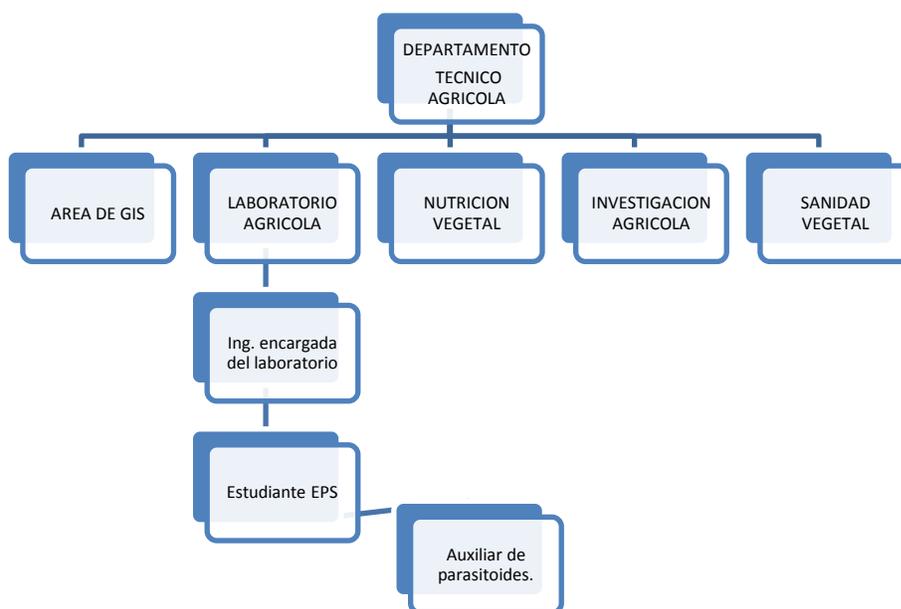


FIGURA 3. Organigrama del departamento Agrícola de la empresa Naturaceites S.A.

1.5.2. Administración del laboratorio agrícola (área de parasitoides)

Ing. Jorge Mario Corzo: Gerente del departamento agrícola

Ing. Nohemí Del Cid: Encargada del laboratorio agrícola

Gustavo Adolfo De Paz: Estudiante EPS-Agrónomo

Carlos Ubaldo: auxiliar de laboratorio encargado del área de parasitoides.

1.5.3. Áreas de análisis del laboratorio

- a) Área de sanidad vegetal
- b) Monitoreo de pudrición de flecha
- c) Doblamiento de corona
- d) Anillo rojo
- e) Detección de nematodos
- f) Pudriciones
- g) Monitoreo y detección de presencia de *Bursaphelenchus cocophilus*
- h) Revisión de trampas de curculionidos
- i) Conteos de capturas de curculionidos
- j) Cirugías
- k) Área de nutrición vegetal
- l) Control de pepa
- m) Lotes de seguimiento
- n) Muestreo general
- o) Manejo de muestras vegetales para análisis foliar
- p) Manejo de muestras de suelo para análisis de suelo
- q) Potencial de aceite de las fincas de la FTN
- r) Viabilidad de polen
- s) Área de control biológico
- t) Crianza de parasitoides para el control de mosca
- u) Crianza de hospederos para la reproducción de parasitoides

1.5.4. Recursos del laboratorio

El laboratorio agrícola de la Finca Yalcobé cuenta con los siguientes recursos:

- a) Laboratorio con construcción básica de madera
- b) Estereoscopio
- c) Microscopio
- d) Jaulas de crianza de mosca

- e) Embudos de Baermann
- f) Recipientes para crianza de parasitoides
- g) Bandejas de crianza de moscas
- h) Balanza analítica
- i) Cristalería básica

1.5.5. Problemas identificados en el laboratorio

El área del laboratorio se encuentra en condiciones que no son aptas para actividades de crianza de parasitoides, existen varios focos de infección del material, entrada de agentes externos, el área no es específica para dicha actividad.

Uno de los principales problemas que se observo en el laboratorio es la falta de implementación de manuales de procesos porque el proyecto es nuevo y se necesitan manuales para cada actividad que se realice en las diferentes áreas, específicamente en el área de control biológico que es una de las áreas de mayor cuidado y atención del laboratorio.

Los manuales de procedimientos son básicos en cualquier proceso productivo, con estos se garantiza la reproducibilidad de las actividades que se realizan en el laboratorio así como su correcta aplicación.

El espacio físico del laboratorio es muy reducido y se tiene que repartir en 6 a 8 actividades diferentes lo cual genera desorden, desorganización, problemas de recursos y cuestiones de manejo por daños externos al equipo de trabajo.



Figura No 4. Instalaciones no aptas para cría de parasitoides



Figura No 5. Producción de parasitoides con múltiples fuentes de contaminación



Figura No 6. Jaulas de cría de moscas



Figura No 7. Nuevas instalaciones para la cría de parasitoides

Tomando en cuenta que el área donde actualmente funciona el área de control biológico no serán las instalaciones finales del proyecto, el laboratorio carece de algunos instrumentos, materiales y estructuras para poder llevar a cabo de una mejor manera la crianza de los parasitoides y sus hospederos.

Una de las ventajas en cuanto a la crianza de parasitoides es que los himenópteros de la familia Pteromalidae del Género Pachycrepoideus se encuentran de forma natural en la finca, lo cual es favorable en dos vías, una de ellas es la obtención de material para renovación del pie de cría de los parasitoides y la otra es el control biológico natural que estos ejercen sobre las poblaciones de mosca.

Otro de los aspectos importantes en las actuales condiciones de cría de parasitoides es la falta de personal dedica a dicha actividad, se debe tener personal específico para que atienda cada una de las áreas de producción del parasitoide como es el área de crianza de hospederos y el área de crianza de parasitoides específicamente. Se espera que en las nuevas instalaciones se pueda contar con mayor número de personas dedicadas a estas actividades que por consiguiente la producción de parasitoides será a niveles comerciales para el control de la mosca.

A finales de septiembre del 2012 se pretende terminar el laboratorio específico para control biológico con lo cual se espera generar la información necesaria para la elaboración de los manuales y su correcta aplicación durante todo el proceso de producción de los parasitoides.

1.6. CONCLUSIONES

El laboratorio agrícola de la Finca Yalcobé cumple con diferentes funciones dando apoyo al área de nutrición vegetal, sanidad vegetal y control biológico siendo este último el enfoque principal del DIAGNÓSTICO para mejorar y estandarizar los procesos de producción de parasitoides de mosca común del género *Pachycreopoides*.

El principal problema que afronta el área de control biológico del laboratorio agrícola de la finca Yalcobé es la falta de manuales, en donde se describa todo lo relacionado con cada una de las actividades a desarrollar en la crianza de los parasitoides, así también la falta de instalaciones, equipo y materiales adecuados para la crianza de los mismos.

De acuerdo con las necesidades en cuanto al control de mosca DOMÉSTICA en el raquis de palma se muestran diferentes líneas de investigación dentro de las cuales destaca la determinación del tiempo necesario que debe pasar el raquis de la palma en descomposición y que ya no sea apetecido por la mosca y con esto saber el tiempo óptimo en el que se pueda dejar el raquis en las fincas de la empresa sin que cause problemas a las comunidades aledañas.

1.7. RECOMENDACIONES

Las instalaciones donde se llevan a cabo las actividades de reproducción de parasitoides no son aptas para un buen manejo, por lo que se recomienda mejorar las instalaciones de crianza de parasitoides, donde no exista ingreso de agentes biológicos que alteren el proceso de cría de parasitoides, tomando en cuenta que ya se está construyendo mejores instalaciones específicas para la cría de parasitoides.

Se recomienda la elaboración de manuales de procedimientos y manuales técnicos de reproducción de parasitoides de mosca DOMÉSTICA con el objetivo de estandarizar los procesos, teniendo así, producción de calidad que garantice el control biológico de dicha plaga.

1.8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Bayer, ES. 2012. Mosca (en línea). España. Consultado 30 jul. 2012. Disponible en http://www.pestcontrol-expert.com/bayer/cropscience/bespestcontrol.nsf/id/ES_Mosca
2. Calderón, L. 1998. Las mil y una mosca. Paso a Paso (GT) 3:5-7.
3. Castillo, J. 1999. Combate de moscas domésticas en México. México, UNAM, Revista Vida Universitaria 3:10-15.
4. Cid, N Del. 2012. Aspectos generales del raquis de palma en la finca Yalcobé, Naturaceites (correo electrónico). Fray Bartolomé de las Casas, Guatemala, Naturaceites.
5. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 18.
6. GREPALMA (Gremial de Palmicultores de Guatemala, GT). 2012. La palma de aceite en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.grepalma.org/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=11&lang=es
7. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de zona de vida de la república de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc 1:600,000.
8. INE (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. Francis Gall comp. 2 ed. Guatemala. tomo 1, p. 2.



2.1. PRESENTACIÓN

El cultivo de Palma aceitera en Guatemala es de importancia económica por la producción de aceite y sus derivados, siendo éste, el segundo productor de aceite a nivel centroamericano (toneladas producidas). Según el MAGA (2012), la palma de aceite ocupa 110,000 hectáreas. Esta extensión representa cerca de 15% del territorio que es apto para el cultivo. Los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y El Petén, forman parte de una de las regiones de mayor extensión en el cultivo de palma aceitera.

Una de las prácticas que se realizan en las plantaciones de palma de aceite es la aplicación de los racimos vacíos o raquis sobre la superficie del suelo, con el fin de mejorar las condiciones fitosanitarias del cultivo y las características físico-químicas del suelo. Sin embargo, esta práctica se ha convertido en un serio problema para otros sectores no agrícolas como son las poblaciones afectadas por la presencia de la Mosca doméstica (Díptera: Muscidae), que encuentra en los raquis de la palma de aceite un lugar muy apropiado para la oviposición y el desarrollo larval. Este nuevo problema motivó la evaluación de métodos de supervisión y monitoreo de las poblaciones y de control de la mosca, como un aporte para establecer un manejo integrado de la plaga.

El objetivo primordial de esta investigación fue la determinación de factores que influyen en la colonización de moscas en el raquis de palma aceitera para la supervisión y evaluación de las poblaciones de dicho insecto con el fin de aportar elementos e información para establecer un manejo integrado de esta plaga. El trabajo se realizó en la planta de la Finca Yalcobé a 156 msnm, una precipitación promedio anual de 2300 mm, una humedad relativa de 83.73 % y una temperatura entre los 19 y 30 °C. Se analizó el comportamiento de la *Musca doméstica*

Como parte del manejo integrado de la mosca doméstica en el proceso de extracción de aceite de palma aceitera se desarrollan constantes investigaciones para la búsqueda de la

solución a este problema. La presente investigación fue para determinar el tiempo de susceptibilidad del raquis a la colonización de la mosca y los factores que influyen en los aumentos de la población de dicho insecto.

La investigación concluyo con que el raquis es susceptible desde una edad de cero meses de descomposición hasta una edad de 3 meses. Los factores determinantes y relevantes para la colonización del raquis por parte de la mosca doméstica son el tiempo de descomposición del raquis, la humedad y la temperatura del raquis.

La implementación de un manejo integrado de esta plaga requiere la integración de diferentes sectores tanto dentro de la empresa como fuera de la misma, principalmente el sector social cercano a las fincas donde se deposite el raquis de palma.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para controlar eficazmente cualquier plaga, es necesario conocer la biología de este y su interacción con el medio. A nivel internacional existe una lucha contra la mosca común o mosca doméstica que se realiza integrando diferentes métodos de control como medidas culturales, físicas, químicas y el control biológico.

El raquis es un desecho con alto contenido de líquido al salir de la planta de procesamiento y según André (2006), el alimento que la mosca (*M. doméstica*) ingiere debe estar en estado líquido o ser fácilmente soluble en sus secreciones salivares.

Las poblaciones de mosca (*M. doméstica*) de las comunidades aledañas son atraídas por el raquis extraído de la planta de procesamiento, esto debido a los remanentes de nutrientes y aceites que este desecho contiene y por las temperaturas con que este sale que oscilan entre 35 y 40° C. André (2006), indica que estas condiciones son ideales para la proliferación de mosca en este desecho, siendo las temperaturas ideales entre 30 y 35 °C para la reproducción de la mosca (*M. doméstica*).

Según Del Cid (2012), la producción de raquis mensual es de 72 toneladas métricas/día, esto genera volúmenes considerables de atracción para las moscas que se encuentran en las cercanías a las fincas, con potencial para que esta plaga se desarrolle en condiciones ideales, aumentando las poblaciones. Actualmente el manejo de este desecho sólido es cubrir el raquis para evitar la colonización de la mosca que se encuentra en los lugares aledaños.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Manejo integrado de la mosca doméstica

El manejo integrado de plagas, es el procedimiento ecológicamente orientado, que utiliza diversas técnicas de control, combinadas armónicamente en un sistema de manejo de plagas. Para que alcance la máxima eficiencia, deben establecerse los niveles económicos de daño, para determinar en qué momento deben iniciarse las aplicaciones de control. Al mismo tiempo, se hace todo lo posible para preservar agentes de mortalidad biótica existentes en estado natural, tales como parasitoides, depredadores, entomopatógenos (Falcon et al, 1974).

El objetivo final del manejo integrado de plagas de acuerdo a Falcon et al (1974), es producir los máximos beneficios, con costo mínimo, teniendo en cuenta las restricciones ecológicas y sociológicas existentes en cada ecosistema y la conservación a largo plazo del ambiente.

2.3.2. Métodos de control de plagas

Los distintos métodos de control de plagas se conocen como tácticas del manejo integrado de plagas (Cuadro 1). Las tácticas son herramientas importantes para cumplir nuestros objetivos o metas denominadas estrategias del MIP. Los distintos métodos de control son:

Cuadro 1. Métodos de control usados en Manejo Integrado de Plagas, HERNÁNDEZ (1991).

| MÉTODO | DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO |
|----------------------|--|
| Control biológico | El uso de enemigos naturales |
| Control cultural | Prácticas agrícolas que modifican el ambiente de las plagas. |
| Control físico | Uso de luz, sonido, refrigeración, calor. |
| Control mecánico | Uso de maquinaria, herramienta o malla metálica |
| Control legal | Aplicación de decretos, reglamentos y leyes para el control de plagas. |
| Control autocida | Uso de radiación para esterilización |
| Control filogenético | Uso de plantas resistentes o tolerantes a plagas |
| Control etológico | Es el uso de feromonas etc. |
| Control químico | Es el uso de plaguicidas en la agricultura |

El uso de más de una táctica garantiza mejor el control de plagas, por lo que es importante su conocimiento y también su aplicación en los cultivos agrícolas. De estas prácticas el control biológico juega un papel muy importante en la agricultura de Guatemala.

2.3.3. La mosca doméstica (L.) (Díptera: Muscidae)

La *M. doméstica*, es un insecto que pertenece a la familia Muscidae, y constituye uno de los animales artrópodos de importancia en la salud humana y animal. Se encuentra en casi todas las localidades del mundo y sus poblaciones representan aproximadamente el 98 % de las moscas que causan problemas de salud y molestias en los hogares (Camacho 1999).

Los problemas que generan son muy variados y su misma presencia es molesta y desagradable. Su costumbre de volar alrededor de las personas y animales luego de haber estado sobre materia orgánica en descomposición, excremento, sedimentos de drenaje, etc.,

es lo que la convierte en un agente ideal para la transmisión de diversos microorganismos productores de enfermedades (Abbot 1978).

La *M. doméstica* es cosmopolita, es decir, que se encuentra en todo el mundo y que por sus hábitos y su estructura anatómica, se convierte en un mecanismo extraordinario para transportar organismos patógenos infecciosos al humano y animales. Se estima que en sus patas se pueden adherir hasta seis millones de bacterias, sin embargo, un mayor peligro lo representa la salivación excretada o vomito, ya que está, en ocho o dieciséis veces más contaminado (Castillo 1999).

Los problemas que genera al hombre la mosca casera (*Musca doméstica*), se estima que cerca de veinte enfermedades son transmitidas por ellas como: las diarreas profusas, bacilos y la amibiasis entre otros. También se ha estimado que en una mosca pueden hallarse hasta 33 millones de microbios (Vergara, et al, 1993).

2.3.4. Clasificación de la *musca doméstica*.

Según Richard (1971). La *M. doméstica*, fue uno de los primero insectos clasificados dentro de la taxonomía de artrópodos.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la *Musca doméstica*, según Richard 1971.

| CATEGORÍA | TAXA |
|-------------------|----------------------------|
| REINO | Animal |
| PHYLLUM | Artrópoda |
| CLASE | Insecta |
| ORDEN | Díptera |
| FAMILIA | <i>Muscidae</i> |
| GENERO | <i>Musca</i> |
| NOMBRE CIENTÍFICO | <i>Musca doméstica</i> (L) |
| NOMBRE COMÚN | Mosca doméstica |

2.3.5. Biología y características:

La mosca doméstica es uno de los insectos más ampliamente distribuidos como el más frecuente asociado con el hombre. Ha seguido la colonización humana alrededor de la tierra y a excepción del Ártico. La Antártida y áreas de extrema altitud, se ha adaptado con éxito a las condiciones que predominan en las inmediaciones del hombre (André 2006).

La mosca doméstica (*M. doméstica*) y la mosca del establo (*Stomoxys calcitrans*) son plagas comunes asociadas a poblaciones y a producciones animales. Son de importancia económica y para su método de control se han hecho esfuerzos extensivos para identificar efectivos agentes de control para estas especies de plagas.

Según Crespo (1999). La *M. doméstica* posee una serie de atributos naturales como: alta capacidad de migración adaptación para vivir en variados ambientes humanos, ciclo de vida corto y elevada tasa reproductiva.

2.3.6. Ciclo de vida de la mosca doméstica.

A. Huevos

Estos son de forma oval, blancos y de aproximadamente de 1 mm. de longitud, son depositados en grupos de 75 a 150 sobre una amplia variedad de materia orgánica. Una hembra oviposita entre 5 o 6 veces a lo largo de su vida. Para su desarrollo, los huevos requieren de altas condiciones de humedad (debajo del 90 %, la mortalidad es alta). El tiempo de maduración oscila entre las 12 y 24 horas después de la postura. Cada huevo dura de 8 a 30 horas en desarrollarse para que de él nazca una larva o gusano (Calderón 1998).

Según Jacobs S. (2013) indica que, los huevos son depositados en material putrefacto tales como hierba, basura, excremento humano y animal. El estiércol del caballo es su medio de cría favorito. Cerca de 100 a 150 huevos son depositados por cada hembra en alimento apropiado. Los huevos pueden incubarse en 7½ horas cuando las temperaturas son altas (cerca de 99° F) o pueden tomar dos días cuando las temperaturas son de sólo 59° F.

B. Criaderos o medios de desarrollo

Una vez emergida la larva penetra rápidamente en el material de cría sobre el que fue depositado el huevo. Para ello utiliza los dos ganchos en su aparato bucal, con los que rasga y afloja las materias alimenticias. Casi cualquier clase de materia orgánica húmeda y cálida, puede suministrar alimento adecuado a las larvas. Por tanto la hembra grávida dispone de una gran variedad de posibilidades para la ovipostura. El estiércol fresco de caballo, puede producir 1,200 larvas cada 450 gramos. El excremento humano, a menudo cargado de microorganismos patógenos, también es una fuente de generación de moscas. En comunidades urbanas, los residuos, tanto industriales como domiciliarios, son importantes criaderos (André 2006).

Otras fuentes de reproducción y crecimiento de moscas son los desperdicios generados por las plantas de procesamiento de alimentos. También se debe destacar el potencial de las basuras hogareñas, donde pueden ser depositados 3.000 huevos por día. El tamaño del adulto dependerá de la alimentación de la larva.

C. Larvas

Según André (2006), Las tres etapas del estado larval requieren de 3 a 24 días. El tiempo normal es de 4 a 7 días. En el interior del huevo madura el primer estadio larval que se desarrolla a expensas de las reservas vitelinas. Tiene forma cilíndrica con la cabeza cónica, 13 segmentos y carece de aparato bucal. Esta es la larva que rompe el huevo y muestra geotropismo positivo al internarse en la materia orgánica en la que se encuentra.

La fase larval de la mosca presenta dos estadios, pasando por ellos a través del desprendimiento de piel. No cambian mucho su forma y prestan una coloración más amarillenta. Durante el tercer estadio, la larva procura aproximarse a la luz, buscando un punto de menor humedad. En este momento se deja de alimentar y se prepara para empupar.

Las larvas de Mosca doméstica carecen de cabeza, ojos, antenas o patas definidas. Sus cuerpos son puntiagudos en el extremo frontal y gradualmente se hacen más anchos en el trasero. Se alimentan del material en donde se encuentran. Las larvas maduras detienen su alimentación y se introducen, para su protección, en lugares cercanos secos cuando se van a convertir en pupas. La pupa es un objeto ovalado de color marrón castaño dentro del cual la larva cambia a una mosca doméstica adulta (Jacobs, 2013).

D. Pupa

Cuando está lista para convertirse en pupa, la larva se contrae dentro de su propio tegumento interno, para formar una envoltura en una vaina de aproximadamente 0,63 cm. de longitud. Esta vaina encierra a la verdadera pupa, que está inmóvil y no se alimenta. Este pupario va oscureciéndose gradualmente hasta quedar totalmente marrón después de 24 horas. Este proceso varía de 3 a 10 días dependiendo de las condiciones en las que se desarrolla (Calderón, 1998).

E. Adulto

Cuando ha completado el período de pupa, la mosca rompe el extremo del pupario. Por la expansión y contracción alternada de un órgano, especie de vejiga, colocado al frente de la cabeza, entre sus ojos. La mosca entonces abre el camino desde el pupario hasta la superficie del suelo. Se arrastra rápidamente, mientras sus alas se despliegan y su cuerpo se expande, seca y endurece. Esto en 1 hora, alcanzando su completa actividad en unas 15 horas y ya se encuentra en condiciones de aparearse.

En promedio el ciclo de vida se extiende en unas 3 semanas, permitiendo la aparición de 10 a 12 generaciones por verano. Debido a su rápido desarrollo y al gran número de huevos producidos por las hembras, las poblaciones crecen rápidamente desde principios de la primavera hasta alcanzar su máximo a fines del verano (André 2006).

En su etapa adulta la *M. doméstica* posee una serie de atributos naturales como: alta capacidad de migración, adaptación a vivir en variados ambientes humanos, ciclo biológico corto y elevada tasa reproductiva (Crespo 1999).

Las hembras viven 30 días y los machos raramente superan los 17. Sin embargo el 50 % de los individuos muere durante los 6 primeros días de vida y pocos superan los 10 días. Los huevos y las larvas tienen poca resistencia al frío y no emergerán las moscas adultas si las pupas han estado sujetas a temperaturas inferiores a los 11 °C, durante 20 o 25 días, 0 a 9 °C durante 24 horas. Las moscas adultas se pueden mantener vivas por largos períodos de temperaturas que van de 10 a 15 °C, pero a menores temperaturas se reduce su expectativa de vida (Crespo 1999).

F. Resumen del ciclo de vida de la mosca doméstica según varios autores.

Según las condiciones específicas de cada lugar, el ciclo de vida de la mosca doméstica tendrá variantes en el tiempo durante cada etapa por lo que se presenta un resumen de los tiempos según varios autores como referencia al ciclo de vida en términos de promedio.

Cuadro 3. Resumen del ciclo de vida según varios autores.

| Autor | Huevo (días) | Larva (días) | Pupa (días) | Adulto (días) | Duración total del Ciclo de vida (días) |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--|
| André, G. (2006) | 0.5 – 1 | 4 - 7 | 3 – 10 | 20 - 30 | 27.5 – 48 |
| Pérez, H. (2005) | 0.5 – 1 | 4 - 7 | 4 – 7 | 25 – 30 | 33.5 – 45 |
| Calderón, L. (1998) | 0.5 – 1 | 4 - 7 | 4 – 5 | 20 – 30 | 28.5 – 43 |
| Jacobs, S. (1855) | 0.3 - 2 | 5 - 7 | 3 – 7 | 15 – 30 | 23.3 – 46 |
| Bayer Crops. (2012) | 0.3 – 2 | 5 - 8 | 3 – 8 | 15 – 30 | 23.3 – 48 |
| Faz, L.; Meneses, P. (2007) | 1 – 2 | 4 - 7 | 4 – 5 | 15 – 21 | 24 - 35 |
| Media | 0.5 – 1.5 | 5.6 – 7.1 | 4.5 – 7 | 18.3 – 28.5 | 26.68 – 44.16 |

G. Alimento de los adultos

La mosca adulta es muy activa, moviéndose de un lugar a otro durante la mayor parte del día. La atraen fuertemente los excrementos y otros tipos de materias orgánicas en descomposición, así como los lácteos y demás alimentos dedicados al consumo humano. En condiciones naturales, la mosca busca una amplia variedad de sustancias alimenticias obteniendo una dieta equilibrada. El alimento que ingiere debe estar en estado líquido o ser fácilmente soluble en sus secreciones salivares. El agua es esencial y ordinariamente el adulto no vivirá más de 48 horas sin ella. También necesita azúcar y almidón para una vida prolongada y proteínas para la producción de huevos. La alimentación es de 2 a 3 veces por día. Cuando se posa libera un líquido del buche y prueba la superficie con su trompa, produciendo manchas de color pajizo producidas por el vomito. Las manchas más oscuras son fecales (Metcafl; FLint 1966).

H. Vuelo

Las poblaciones de mosca doméstica se pueden dispersar rápidamente hacia nuevas áreas mediante el vuelo. Pueden volar hasta 32 kilómetros desde su fuente y dispersarse hasta 5 o

6 kilómetros en grandes cantidades. La velocidad promedio de los vuelos es de 7 kilómetros por hora (André 2006).

I. Temperatura y humedad

Las moscas permanecen inactivas a temperaturas inferiores a los 7°C. El vuelo comienza a unos 12°C y la actividad plena a los 21°C. La máxima actividad se alcanza a los 32°C y declina por encima de los 45°C.

Los efectos de la humedad están estrechamente relacionados con los de la temperatura. Los efectos mortales de las temperaturas, tanto elevadas como bajas, se acentúan con alta humedad. A más de 15°C las moscas viven más tiempo a una humedad relativa de 42 a 55 %. Las moscas alcanzan su grado óptimo fisiológico a alta temperatura y baja humedad (André 2006).

2.3.7. Métodos de control de mosca doméstica (*m. doméstica*)

Según USDA, 1976. Los métodos de control es matando, capturando, utilizando insecticidas o las más eficaces medidas de sanidad han fallado en la detención de esta plaga, una pequeña avispa puede controlar esta plaga mayor que es definitivamente cosmopolita y que existe en todo lugar habitado por el hombre. Uno de los métodos a usar en el control de *M. doméstica*, según el entomólogo Philip (1976), el control biológico por medio de la liberación de microhymenopteros para controlar el número de poblaciones de mosca en los E.E.U.U. y Europa fue eficaz, ya que se realiza una prueba con parasitoides de la familia Pteromalidae.

2.3.8. Conceptos básicos de la palma aceitera asociado a la investigación

A. Importancia económica y distribución geográfica

La palma aceitera ha sido utilizada desde la antigüedad para la obtención de aceite. Produce dos tipos de aceites, el del fruto y el de la semilla, respectivamente. El aceite alimenticio se comercializa como aceite comestible, margarina, cremas, pastas, etc., y el aceite industrial es utilizado para la fabricación de cosméticos, jabones, detergentes, lubricantes, etc.

A pesar de ello, dentro de las plantas oleaginosas, es la de mayor rendimiento en toneladas métricas de aceite por hectárea. En comparación con otras especies oleaginosas, la palma aceitera tiene un rendimiento por hectárea varias veces superior. Es así que para producir lo mismo que una hectárea de palma, se necesita sembrar entre diez y nueve hectáreas de soja y girasol, respectivamente. (Grepalma, 2012)

Debido a esto, el cultivo de la Palma aceitera es de gran importancia económica ya que provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial. La mejor adaptación de la palma de aceite se encuentra en la franja ecuatorial, entre 15 grados latitud norte y sur, donde las condiciones ambientales son más estables. (Grepalma, 2012)

B. Inflorescencias de la palma aceitera

El raquis que es uno de los desechos del proceso de extracción del fruto de la palma no es más que una inflorescencia femenina la cual es un racimo globoso, de apariencia maciza, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, que lleva en el centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico tricarpelar coronado por un estigma trífido curvas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras de polen. (Infoagro, 2012).



Figura 8. Racimo de palma con endocarpio. Fuente: El autor



Figura 9. Racimo de palma aceitera sin endocarpio (raquis). Fuente: El autor

C. Frutos de la palma

Los frutos de la palma son de forma ovoide de tres a seis centímetros de largo, y cuentan con un peso aproximado de 5 a 12 gramos, tienen la piel lisa y brillante (Exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (Mesocarpio), una nuez o semilla compuesto de un cuesco lignificado de grosor variable (Endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo). Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, conforman los racimos. Estos también tienen forma ovoide y pueden alcanzar un poco más de 60 cm de largo y 40 cm de ancho, con pesos variables que oscilan entre los 5 y 40 kilogramos, según el tipo de material plantado, la edad de la planta y las condiciones en que se desarrolle el cultivo. (Infoagro 2012).

D. Interacción raquis-mosca

Uno de los factores del favorecimiento de la proliferación de las moscas, se da por la disponibilidad de desperdicios ricos en estos nutrientes: Bagazo de caña. Desperdicios de ensilajes, heno, forraje seco, subproductos y residuos de la palma africana, pulpa de café que en mezcla o solo con el estiércol de aves, bovino, caprino y equino, son especialmente favorables para el ciclo reproductivo de la mosca doméstica.

La mezcla y exposición al ambiente de los estiércoles de las aves, bovinos, caprinos, equinos y porcinos, forrajes, ensilaje, heno, bagazo de caña, pulpa de café y residuos de palma africana, se constituyen en el medio predisponente y el sustrato requerido para la oviposición y la reproducción de la mosca. En este sentido los desechos animales y vegetales se deben incorporar al suelo, evitando montones que predisponen la proliferación del problema (Acebedo, 1995).

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. General

Determinar el tiempo crítico de susceptibilidad a la colonización de mosca doméstica (*M. doméstica*) en raquis de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en la Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

2.4.2. Específicos

Determinar la fluctuación poblacional de la mosca doméstica (*Musca doméstica*) sobre el raquis de palma aceitera y su comportamiento relacionado con la temperatura y humedad de las camas de raquis.

Determinar el punto de crítico de susceptibilidad del raquis a la colonización de mosca doméstica.

Determinar los factores que influyen en la presencia de mosca doméstica sobre el raquis de palma aceitera.

Determinar el contenido nutricional del raquis en función del tiempo de cobertura para determinar si influye en la colonización de mosca doméstica sobre el raquis de palma aceitera.

2.5. METODOLOGÍA.

2.5.1. Lugar y época.

El lugar donde se llevo a cabo la investigación fue la Finca Yalcobé en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, departamento de Alta Verapaz. El ensayo se ubico a 400 m de la planta de extracción de aceite de palma aceitera donde se deposita el raquis producto de la extracción de dicho producto. La época de realización del ensayo comprendió el periodo de octubre 2012 a junio 2013, tomando en cuenta este tiempo para posteriores investigaciones en otra época diferente a la evaluada.

2.5.2. Área experimental

A. Clima

Las condiciones de temperatura y humedad relativa que se presentaron durante el ensayo para los meses comprendidos entre septiembre 2012 y julio 2013, se muestran en las Figura

Figura 10. Comportamiento de la temperatura media (°C) durante el desarrollo del experimento

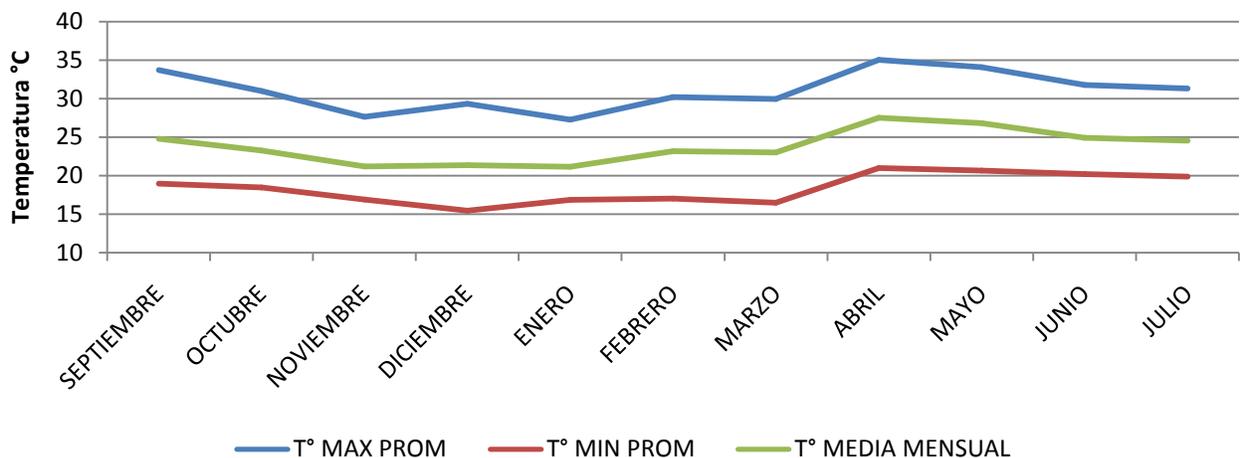


FIGURA 11. Comportamiento de la humedad relativa media (%) durante el desarrollo del experimento

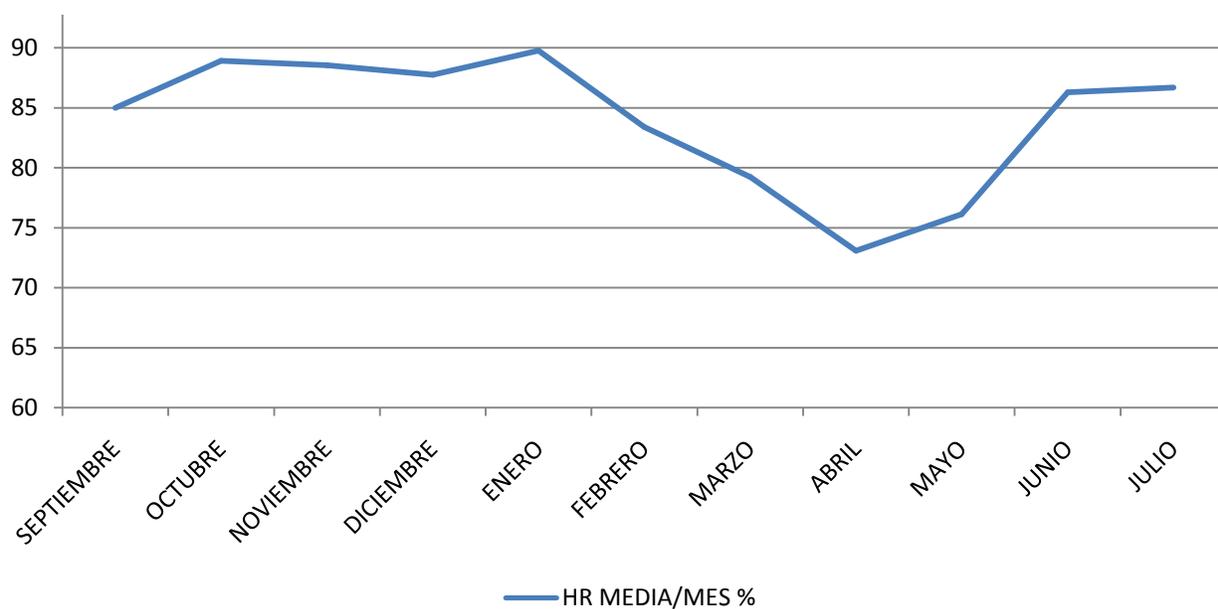
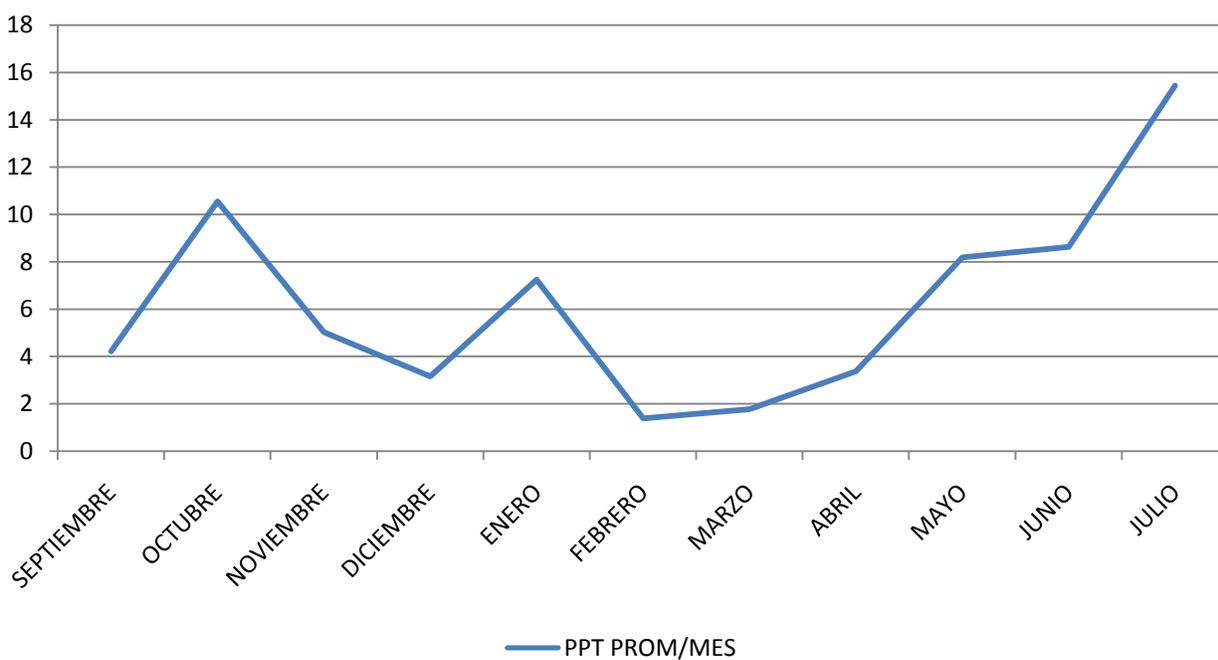


FIGURA 12. Comportamiento de la precipitación pluvial media mensual (mm) durante el



B. Materiales

Para la presente investigación se usaron materiales que se indican en el cuadro No 4.

Cuadro 4. Materiales utilizados en el experimento

| No. | Material | Cantidad |
|-----|--|---------------------|
| 1 | Rollo Nylon negro 6 m ancho 100 m largo | 2 |
| 2 | Sustrato de prueba raquis de palma (densidad de ocupación 0.4 ton/m ²) | 208 ton |
| 3 | Área de ensayo | 2000 m ² |
| 4 | Trinches | 2 |
| 5 | Palas de metal | 2 |

2.5.3. Montaje del experimento

El montaje del experimento se llevo a cabo con el personal encargado del manejo de raquis de palma aceitera en la finca Yalcobé. Se destino un área de 2,000 m². La elaboración de las camas que en este caso son las unidades experimentales, fueron hechas por un tractor con pala hidráulica debido a que el raquis es un material voluminoso, lo cual dificulta su manejo de forma manual.

Las camas se dispusieron de manera perpendicular a la pendiente, evitando variaciones en los tratamientos y repeticiones del mismo. Las camas de raquis se cubrieron con una tela de polietileno negro con el cual se le da el manejo de cobertura y evaluación de los tratamientos.

La metodología empleada que se llevo a cabo en los diferentes tratamientos fue en función del tiempo destapando cada cama de la cobertura que tenga (nylon oscuro). La metodología se detalla a continuación:

- El raquis será cargado en los camiones de transporte luego de ser procesado en la planta
- El camión llega al botadero de raquis ubicado en la finca Yalcobé y lo deja apilado en el área del ensayo.
- Luego de ser depositado por los camiones de transporte de la planta, un tractor lo remueve para formar las camas de una forma ordenada en el área.
- Luego de la formación de la cama de raquis se procede a cubrirla con una tela de nylon de color oscuro para evitar que las moscas lleguen a ovipositar.
- Luego de formadas las camas en el arreglo del croquis (figura 7) se procede a identificar los tratamientos y el experimento en general. En función de los tratamientos se irán destapando las camas que correspondan según el tratamiento asignado desde 30 días hasta los 240 días de evaluación.

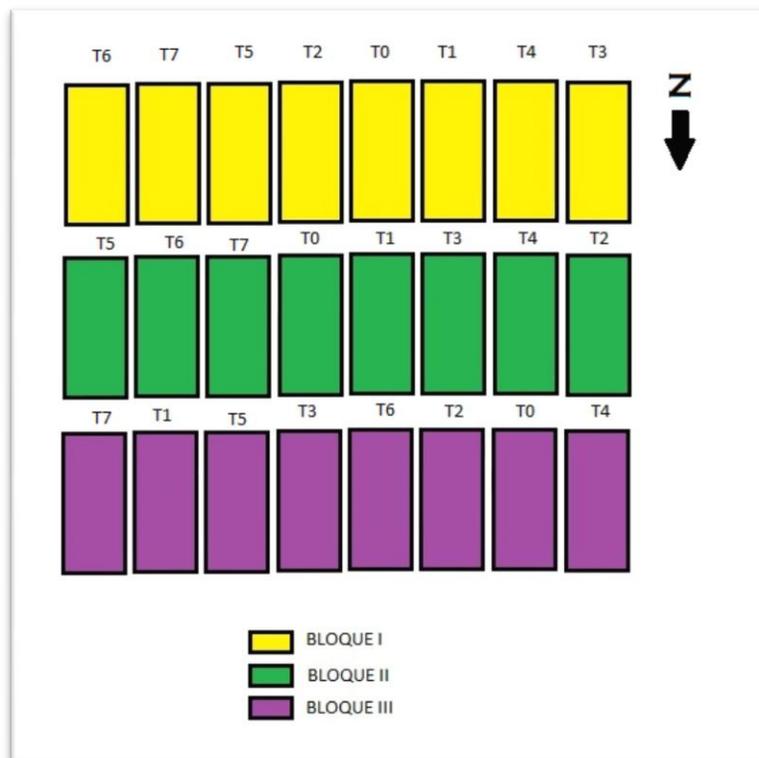


FIGURA13. Distribución de los tratamientos y arreglo de bloques.

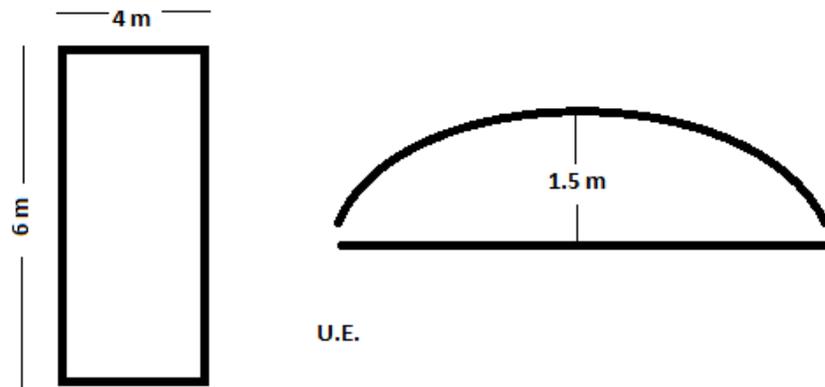


FIGURA 14. Dimensiones de la unidad experimental.

2.5.4. Diseño experimental

Los tratamientos se distribuirán en un diseño Experimental de Bloques al Azar con 3 repeticiones. Este diseño se utilizó ya que las unidades experimentales fueron agrupadas entre bloques homogéneos, de tal manera que las diferencias a observar en las unidades experimentales serán debido a los tratamientos.

El modelo asociado a este diseño experimental se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

Y_{ij} = variable de respuesta a observar o medida del i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque

μ = media general de la variable respuesta

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

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

2.5.5. Variables respuesta

A. Tiempo crítico susceptible de colonización

El tiempo de colonización fue medido en “días” después de salir el raquis de la planta y se determino llevando una secuencia de tiempos en los que aun aparecen las larvas de mosca como invasoras.

B. Contenido nutricional del raquis en función del tiempo

La evaluación nutricional del raquis de palma aceitera (*E. guineensis*) se obtuvo enviando las muestras de cada tratamiento en función del tiempo a un laboratorio especialista en análisis nutricional las cuales correspondían a una muestra por mes.

C. Cantidad larvas.

Se realizó haciendo un muestreo de la cama y se contara la cantidad de larvas en un volumen conocido de raquis, esto ser realizo en cada unidad experimental según el tiempo para cada tratamiento.

Dentro del experimento se tomaron datos de temperatura y humedad que fueron incluidos dentro de las variables del experimento pero que servirán de comparadores o correlacionarlos con las variables propias del experimento.

D. Temperatura del raquis

Esta variable fue incluida para conocer la temperatura a la que se encuentra la cama al momento del muestreo y observar la relación de esta con las fluctuaciones en las cantidades de larvas de mosca en el raquis.

E. Humedad

La humedad de la cama del raquis se tomo de las mismas muestras del conteo de larvas y se obtuvo la cantidad de humedad de la misma, por medio de métodos de peso inicial y peso final para ver la relación entre humedad y la fluctuación poblacional de la mosca doméstica.

2.5.6. Medición de variables.

A. Medición del tiempo crítico susceptible de colonización

El tiempo de susceptibilidad del raquis se obtuvo a lo largo del tiempo de muestreo. Se observó y cuantificó las variaciones en las cantidades de larvas de *M. doméstica* que se encontraron colonizando el raquis de palma aceitera (*E. guineensis*). El periodo de evaluación se realiza durante los meses de octubre 2012 a junio 2013, tomando en cuenta tanto la época lluviosa como la época seca durante el periodo que duro el ensayo.

El total del tiempo de susceptibilidad del raquis de palma aceitera que se evaluó fue de 7 meses luego de que sale de la planta de proceso donde es separado de la fruta de la palma. Se debe tomar en cuenta que, el ensayo fue realizado durante 8 meses del año dejando de lado los meses de julio, agosto y septiembre y en Guatemala representan los meses de mayores lluvias dentro del territorio.

B. Medición del contenido nutricional del raquis en función del tiempo

El contenido nutricional se evaluó enviando muestras a un laboratorio de análisis de alimentos y se enviaron muestras cada mes según el tiempo definido por los tratamientos. Los métodos empleados por el laboratorio para el análisis nutricional se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Metodología empleada por el laboratorio para el análisis nutricional del raquis de palma aceitera

| Análisis | Metodología |
|-----------------------|-------------------------|
| Calorías | Por formula |
| Carbohidratos totales | Carbohidratos PC-FQ-005 |
| Cenizas | Cenizas PC-FQ-09 |
| Grasa | Grasa PC-FQ-10 |
| Humedad | Humedad PC-FQ-019 |
| Proteína | Proteína PC-FQ-021 |

Fuente: Laboratorios INLASA S.A.

C. Medición de la cantidad larvas/racimo

La cantidad de larvas sobre el raquis se evaluó haciendo muestreos en diferentes estratos de la cama donde se encuentra el raquis y realizando conteos de las larvas presentes en la muestra. Para la obtención de las muestras y conteos de larvas se procedió a muestrear dos puntos de la unidad experimental.

Para la obtención de la muestra se tomaron dos muestras/cama con un recipiente de volumen conocido, para los usos del experimento se utilizó un recipiente con un volumen de 0.019 m^3 , el recipiente contuvo en promedio 7 raquis a los cuales se les tomó la variable en mención.

Se registró la cantidad de larvas a lo largo del tiempo de muestreo observando y cuantificando las variaciones en las cantidades de *M. doméstica* que se encuentren colonizando el raquis de palma aceitera (*E. guineensis*).

D. Medición de la temperatura

La obtención de los datos de temperatura se realiza con un termómetro infrarrojo con penetración de 1 m. para tomar la temperatura al interior de la cama formada por el raquis apilado.

E. Medición del % de humedad de raquis

La medición de la humedad se realiza tomando una muestra del raquis que se estaba evaluando y se llevó al laboratorio para su análisis. Se usó una balanza analítica para determinar el peso en base húmedo de una cantidad de peso conocido (50 gr), luego la muestra se calienta en un microondas por 1.6 minutos hasta que pierde toda el agua contenida en el raquis, luego se pesa nuevamente para obtener un peso seco final y se obtiene el porcentaje de humedad del raquis según los tratamientos.

2.5.7. Muestreo

El muestreo que se empleó fue un muestreo aleatorio simple. Este muestreo se caracteriza porque cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido. De este

modo, cada observación es realizada sobre la misma población (que no disminuye con las extracciones sucesivas).

Se realizó un muestreo a lo largo de la cama analizando 2 estratos diferentes de la cama que son la parte superior y baja. Se tomarán dos muestras de raquis con un volumen conocido al azar y se analizarán en el laboratorio realizando los conteos de larvas que en ellos se encuentren. La muestra será tomada al centro de las camas para dejar las orillas de las mismas como efecto de bordes, evitando así el sesgo de la información a la hora de la toma de la muestra.

2.5.8. Tratamientos

Se evaluaron 8 tiempos de cobertura con 3 repeticiones, se tendrá un testigo el cual tendrá también 3 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

Para los 8 tratamientos incluyendo el testigo se realizará el mismo procedimiento, con la única diferencia que en cada tratamiento se utilizará los siguientes tiempos evaluados:

Cuadro 6. Tratamientos y descripción del experimento.

| Tratamiento | Descripción | Tiempo a evaluación (días) |
|-------------|--|----------------------------|
| T0 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 240 |
| T1 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 30 |
| T2 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 60 |
| T3 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 90 |
| T4 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 120 |
| T5 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 150 |
| T6 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 180 |
| T7 | Tiempo de cobertura de raquis en el botadero | 210 |

2.5.9. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por una cama (lugar de deposición de raquis) con un largo de 6 metros por un ancho de 4 m y una altura de 1.5 m, haciendo un área de 24 m^2 por unidad experimental. Cada cama tendrá un volumen aproximado de 25.5 m^3 de raquis apilado. La densidad de ocupación del raquis en las camas es de $0.4 \text{ toneladas/m}^2$, por lo que se emplearon 9.6 toneladas/unidad experimental. El experimento estuvo compuesto por un total de 24 unidades experimentales ($t \cdot r = 8 \cdot 3 = 24 \text{ U.E.}$)

2.5.10. Análisis de la información

Las variables de respuesta fueron sometidas a un Análisis de correlación para determinar aquellas variables que influían directamente en las variables de respuesta así como un análisis de Varianza –ANDEVA -, verificando previamente la homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos de campo. Se utilizó un nivel de significancia del 5%. . Además se elaboraron gráficas para los intervalos de confianza y se realizó el análisis de regresión para cada variable respuesta.

2.6. RESULTADOS.

2.6.1. FLUCTUACIÓN POBLACIÓN DE LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA SOBRE EL RAQUIS DE PALMA ACEITERA.

Entre noviembre 2012 y julio 2013 se realizó un monitoreo de la mosca doméstica en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas a un costado de la planta de extracción de aceite de palma aceitera de la empresa Naturaceites y se elaboró la curva de fluctuación poblacional de la mosca doméstica en el raquis de palma aceitera. La población de mosca doméstica fue diferente ($P \leq 0.05$) entre cada muestreo. La población de mosca varió en semanas, entre los 0 y 90 días después de salir de la planta de proceso. La mayor densidad de larvas se encontró a los primeros 7 días después de exponer el raquis al ambiente con un promedio de 131 larvas por kg de raquis. En el proceso de crecimiento y desarrollo de todo organismo vivo, la humedad y la temperatura juegan un papel importante, en la figura 9 se compara el comportamiento de la población de moscas respecto a la humedad y temperatura ambiental.

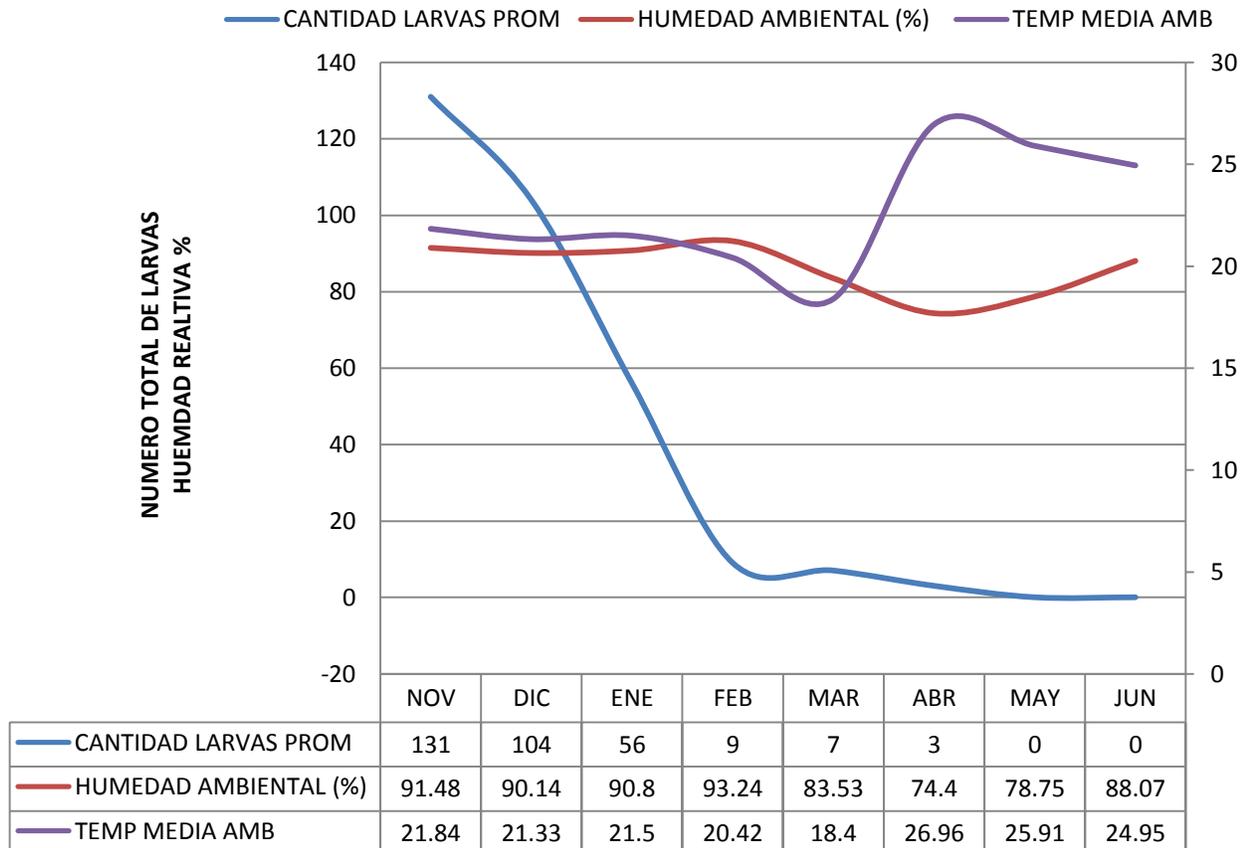


FIGURA 15. Comportamiento de la población de mosca común, humedad del raquis y temperatura ambiental.

En la figura 9 se muestra el comportamiento de las poblaciones de larvas respecto a los cambios de temperatura y humedad, observando un descenso de la población de larvas en función del tiempo y la disminución de la humedad del raquis y aumento de la temperatura, que esto puede estar asociado al nivel de descomposición del raquis en el tiempo. En base a los muestreos y el comportamiento de la población de moscas se establecen como periodo de susceptibilidad de los 10 días a los 120 días de exposición del raquis, tiempo durante el cual este es apetecido para la colonización de mosca común. A los 90 días de evaluación durante el mes de Noviembre hay un descenso significativo en la población de mosca siendo este un punto de partida para determinar si el descenso en la población de moscas es debido a la descomposición del raquis o bien a los factores ambientales evaluados.

Con base en los datos anteriores se realizó un modelo de ajuste con el cual se puede explicar el comportamiento de la población con un modelo cuadrático. El modelo llega a expresar la realidad en un 97 %.

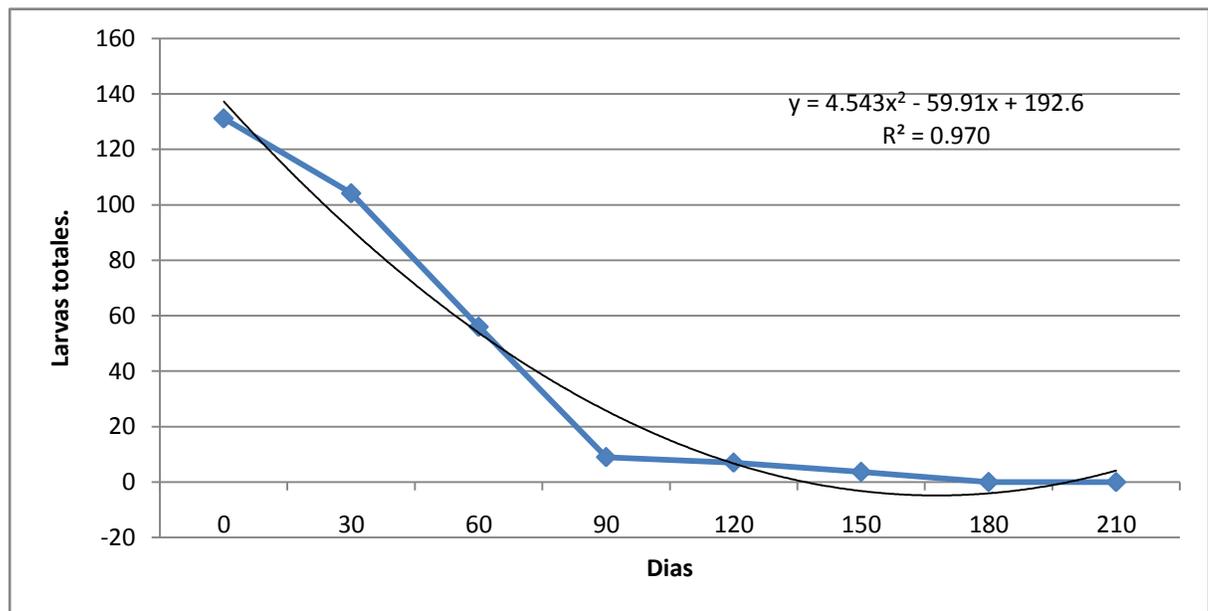


FIGURA 16. Modelo de ajuste de la colonización de mosca en el raquis de palma aceitera.

El modelo que mejor explica el comportamiento de la población es un modelo cuadrático, expresando la realidad del fenómeno en 97%. Observándose que después de los 120 días, las poblaciones de larvas se estancan y mantienen una población muy baja.

Según el análisis del modelo el punto crítico de susceptibilidad se presenta de los primeros 10 días hasta los 120 días de exposición del raquis al ambiente. Esto se ajusta a la evaluación en campo a los 120 días de evaluación donde se presenta una caída en la cantidad de larvas entre los meses de enero y febrero del 2013, siendo este el punto donde las poblaciones se estabilizan y el raquis ya no es apetecido por las moscas domésticas, pasando a colonizar raquis fresco o bien otros medios de crianza que se encuentren en los alrededores de la finca.

A. Fluctuación poblacional en el estrato superior

Las moscas domésticas buscan, selecciona y escogen los lugares idóneos para ovipositar y garantizar la sobrevivencia de su próxima generación. Las camas de raquis donde se evaluó la fluctuación de las poblaciones de mosca doméstica tenían forma tabloide por lo que la temperatura y la humedad varia por la cantidad de raquis apilada en cada cama. Por esta forma en particular se analizaron dos estratos en la cama, un estrato inferior ubicado a 0.5 m del suelo y el estrato superior ubicado a 1.5 m del suelo. Las diferencias en temperatura y humedad nos permiten realizar un análisis para determinar si estas dos variables influyen en la colonización del raquis por parte de la mosca.

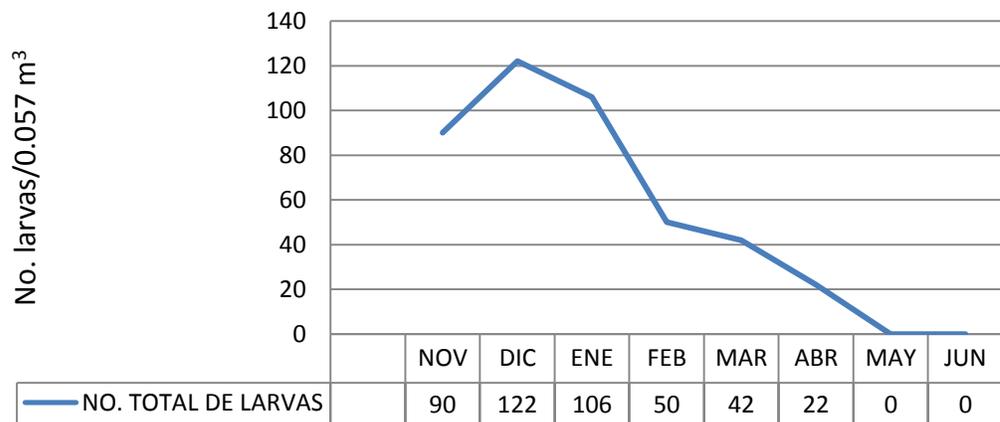


FIGURA 17. Fluctuación de la población de larvas de mosca común en el estrato superior.

Las variaciones de la población de moscas domésticas en el estrato superior de la cama muestra la colonización al momento de exponer el raquis al ambiente. El punto más alto para el estrato superior se dio a los 30 días de haber expuesto el raquis con un total de 122 larvas de moscas/0.057 m³.

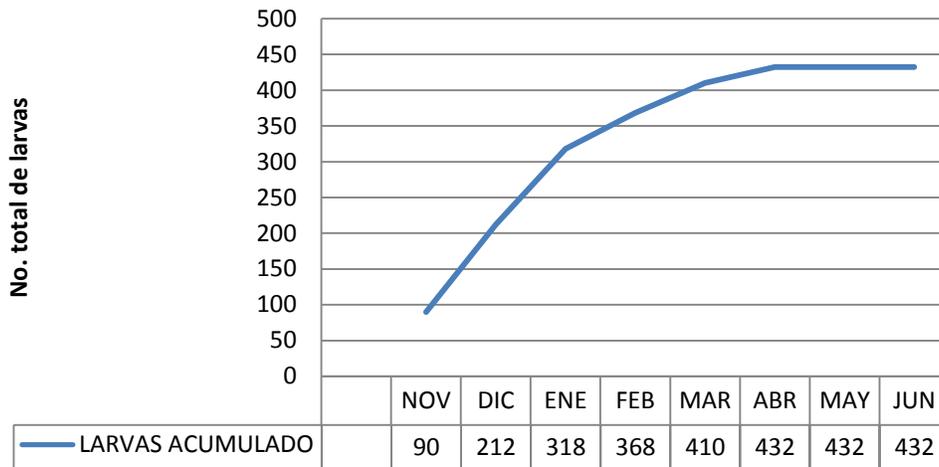


FIGURA 18. Comportamiento de la población de moscas acumulado en el estrato superior.

El acumulado de la población muestra que un incremento en la cantidad de larvas desde que el raquis es expuesto hasta un tiempo de 120 días, luego de este tiempo la población de larvas de mosca en el raquis se estabiliza y se mantiene sin cambios. Este comportamiento puede responder a una situación de calidad del alimento que encuentran en el raquis ya que a mayor tiempo expuesto, mayor será la degradación que tengan los compuestos del raquis y su consistencia misma.

Al comparar la fluctuación en la población de larvas de mosca respecto a la humedad y la temperatura del raquis a lo largo del tiempo se puede observar un comportamiento relacionados a estas dos variables. Según André (2006), los efectos de la humedad están estrechamente relacionados con los de la temperatura. Los efectos mortales de las temperaturas, tanto elevadas como bajas, se acentúan con alta humedad. Indica además que Las moscas alcanzan su grado óptimo fisiológico a alta temperatura y baja humedad, por lo que un cambio en esta relación afecta todo el ciclo de vida de la mosca, causando una prolongación del ciclo de vida o bien puede causar la muerte en todos los estadios de la mosca. Esto aplica tanto para el ambiente donde se encuentra así como para el medio de cultivo en el cual están creciendo.

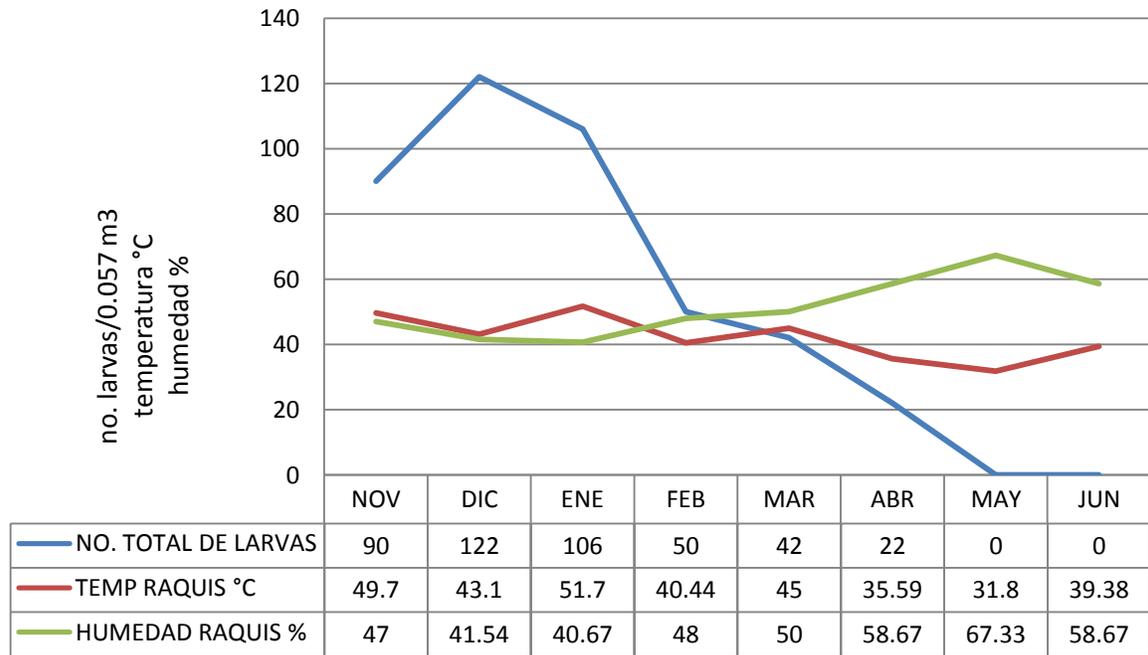


FIGURA 19. Fluctuación de la población de moscas respecto a la temperatura y humedad del raquis.

De los 0 a los 120 días las condiciones de temperatura del raquis se mantuvieron entre 40 y 50 °C y humedades del raquis entre 40 y 48 %, en este periodo se mantuvieron periodos prologados de altas temperaturas y una humedad relativamente baja que propicio el crecimiento y desarrollo de larvas de mosca en comparación con los meses entre Marzo a Junio donde las condiciones del medio donde se encontraban las larvas cambio a tener una temperatura entre 30 y 40 °C y humedades entre 50 y 67 % lo cual no favorece el crecimiento de las larvas en el raquis.

B. Fluctuación poblacional en el estrato inferior

La fluctuación de la población de larvas en el estrato inferior se comporto de diferente forma que el estrato superior, siendo el estrato inferior el que albergo la mayor cantidad de larvas a lo largo del ensayo.

En los primero 30 días de evaluación se cuantifico una población de 711 larvas/0.057 m³ para el estrato inferior, en comparación al estrato superior con 90 larvas/0.057 m³. Esto indica que se registro una diferencia de aproximadamente $(711/90=7.9$ veces) 8 veces

más larvas en el estrato inferior comparado con el estrato superior. El estrato inferior contenía mejores condiciones para albergar a la población de larvas esto debido a condiciones de humedad y temperatura que este estrato presento durante el ensayo.

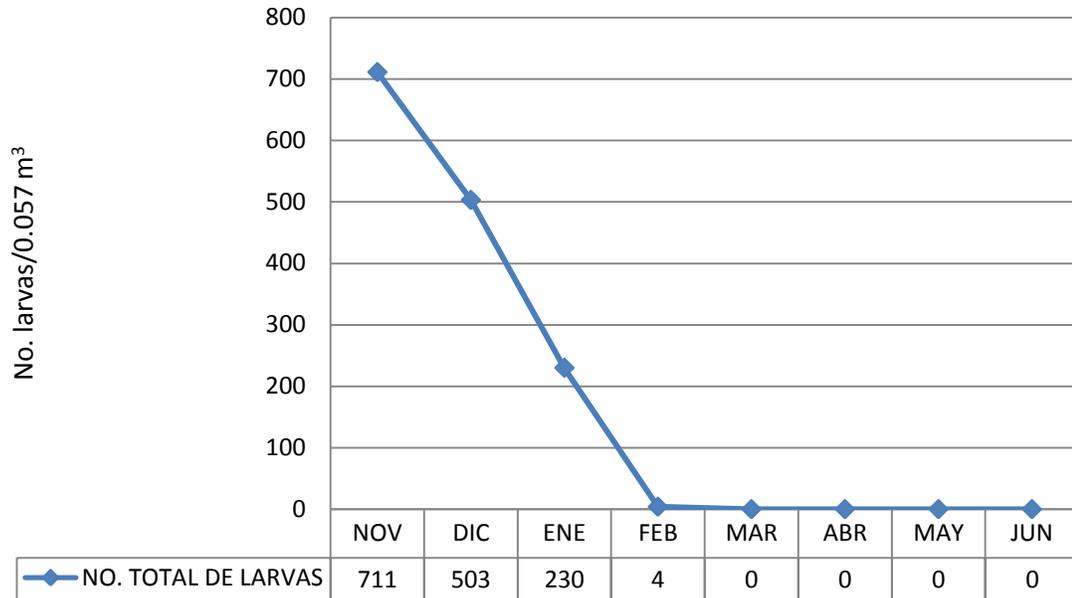


FIGURA 20. Fluctuación de la población de larvas de mosca común en el estrato inferior.

La variación en la población de larvas se da en los primeros 90 días al igual que en el estrato superior lo cual refuerza la limitante que el raquis ha perdido las condiciones mínimas para que las moscas puedan colonizarlo. Encontrando un punto donde la mosca ya no coloniza el raquis no solo por factores como la temperatura y la humedad, sino también por la edad o grado de descomposición del raquis.

El aumento de la población se estabiliza a los 3 meses luego de la exposición del raquis al ambiente, la estabilización de la población de mosca coincide con el tercer ciclo de vida de la mosca tomando en cuenta un tiempo promedio de 35 días por ciclo donde alcanza un nivel máximo en el registro de población acumulado para luego estabilizarse hasta el 7 mes de evaluación.

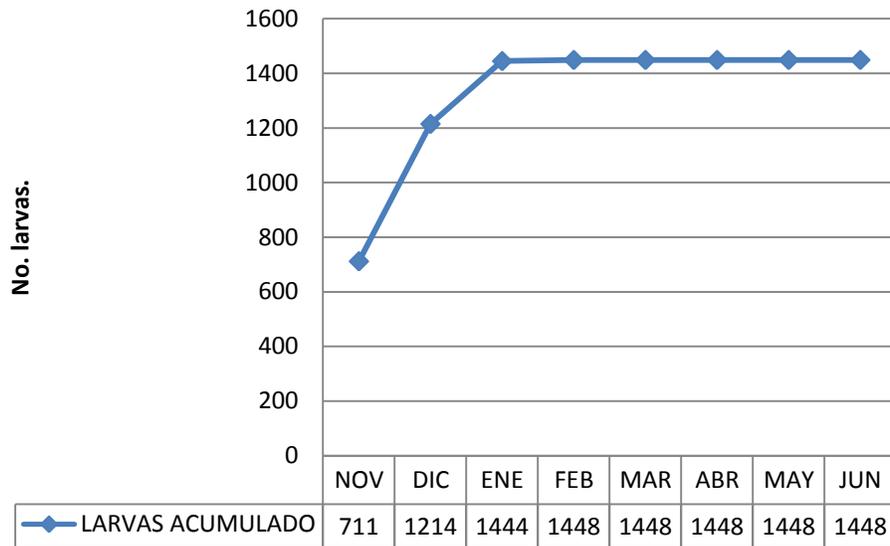


FIGURA 21. Comportamiento acumulado de larvas de mosca común en el estrato inferior.

Los datos del número de larvas acumuladas muestran un punto en el cual la población está en crecimiento hasta llegar a un punto donde la población no sigue en aumento. Este punto límite se da de igual forma que en el estrato superior a los 90 días de exposición del raquis.

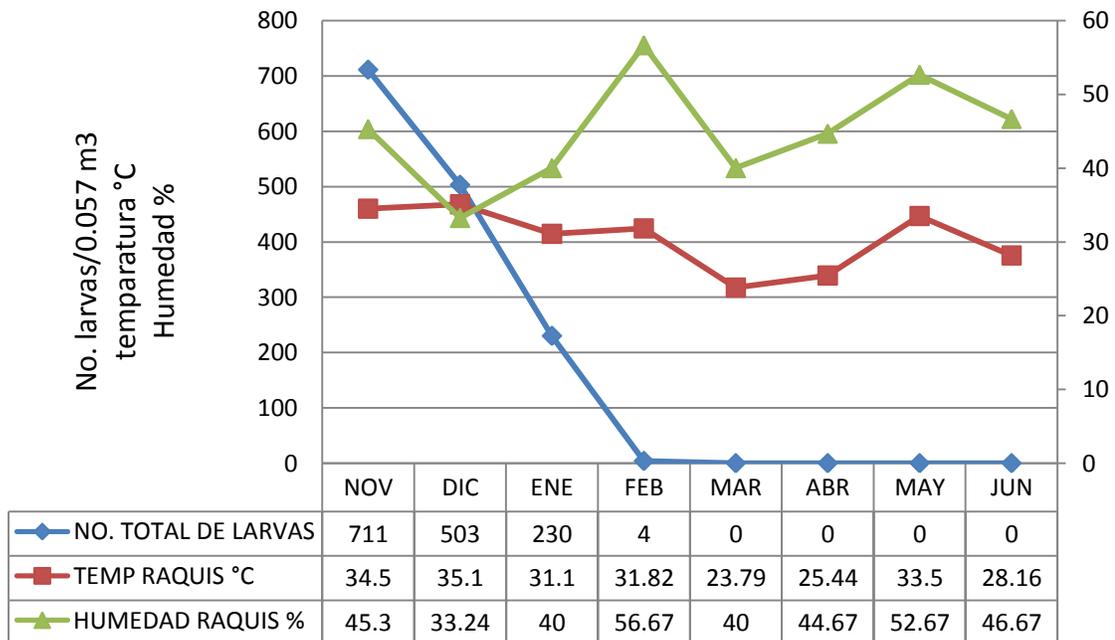


FIGURA 22. Comportamiento de la población de larvas de mosca común comparada con la temperatura y humedad del raquis en el estrato inferior

Las condiciones de temperatura y humedad fueron diferentes para cada estrato, la comparación de los estratos inferior y superior tuvieron una diferencia marcada entre la temperatura y la cantidad de larvas. En el estrato superior se registraron temperaturas máximas de 51 °C y mínimas de 31 °C, mientras que el estrato inferior se mantuvo entre los 35 y 23 °C, lo cual marca una diferencia de 15 a 8 °C entre los dos puntos de muestreo. Las temperaturas a su vez se asocian con la cantidad de larvas presentes, esto debido a que las moscas tuvieron cierta preferencia por el estrato inferior donde las temperaturas fueron más acordes a las temperaturas ideales en las que las moscas crecen y se desarrollan, según André (2006) indica que las larvas que se alimentan escogen temperaturas de 30 a 35°C, mientras que las que ya están listas para convertirse en pupa prefieren temperaturas más bajas. Se considera que la distribución de las larvas en el raquis donde ocurre el crecimiento y desarrollo del díptero, depende principalmente de la temperatura y de la humedad.

Moon *et al* (2001) establecieron que producto del alza de temperatura en el proceso de descomposición, la humedad del material orgánico se reduce a niveles inferiores a 40 %. Estos niveles de humedad no permiten el desarrollo de la mosca doméstica, pues la humedad óptima para su desarrollo se encuentra en el rango de 50 a 80 %, condición que se mantiene en los resultados presentados donde se registra que el estrato superior mantuvo una humedad entre 50 y 60 % en comparación con el estrato inferior que registro una humedad entre 30 y 50 %, pero a su vez el estrato superior tenía las condiciones de humedad idóneas para el desarrollo de las larvas mas no así con la temperatura del medio que tuvo una máxima de 51°C lo cual incurre en la muerte de las larvas contenidas en el medio de crianza, por lo que las larvas o bien murieron en el estrato superior o emigraron hacia el estrato inferior donde las condiciones de humedad no eran tan favorables mas si la temperatura estaba entre lo ideal para su desarrollo. Estos mismos autores señalan además que bacterias y otros componentes que son utilizados por las larvas de mosca doméstica como fuente de nutrientes, decrecen rápidamente durante el proceso de descomposición. Además, el valor nutritivo del raquis para las moscas se reduce aun más cuando el proceso de descomposición llega a su punto más alto. La correlación entre baja humedad y alta temperatura hace que las

poblaciones decrezcan por no tener las condiciones idóneas de desarrollo o bien porque dichas condiciones aumenta la mortalidad de las mismas en el raquis de palma aceitera.

2.6.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COLONIZACIÓN DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA

Se evaluaron dos estratos en las camas donde se apilo el raquis, una evaluación en el estrato superior y otra en el estrato inferior. Cada uno de estos puntos de muestreo se analizó por separado realizando un análisis de correlación múltiple determinando los factores que influyen en la colonización de moscas en el raquis.

Se tomaron datos de temperatura, el tiempo de descomposición (meses), la cantidad de larvas y el % de humedad del raquis donde coloniza la mosca doméstica y se le realizo un análisis de correlación de pearson y su posterior análisis de regresión lineal y ANDEVA correspondiente a las variables donde si existía correlación. El análisis se hizo para dos estratos de la cama, el estrato superior ubicado a 1.5 m de altura sobre el suelo y el estrato inferior ubicado a 0.5 cm del suelo. Por lo que se evaluó por separada cada estrato presentando comportamientos diferentes entre ellos.

A. Evaluación de estrato inferior de la pila de raquis.

De acuerdo al análisis del experimento el punto de muestreo del estrato inferior se encontraba a 0.5 m del suelo, donde se presentaron características de humedad y temperatura distintas al estrato superior.

Para poder determinar cuál era la variable que está influyendo directamente en la colonización de la mosca en el raquis de palma aceitera, se realiza un análisis de correlación lineal simple en el cual se compararon variables de: tiempo (meses), Temperatura media, cantidad de larvas y el porcentaje de humedad del raquis al momento del muestreo.

Cuadro 7. Datos obtenidos en campo de los factores bióticos y abióticos para el estrato inferior de la pila de raquis.

| MES | Trata- miento | REPETICIÓN | | | MEDIA | NO. TOTAL DE LARVAS | LARVAS ACUMULADO (días) | TIEMPO ACUMULADO (días) | TEMPERATURA MEDIA DEL RAQUIS °C | HUMEDAD MEDIA DEL RAQUIS % |
|-----|------------------|------------|-----|-----|--------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| | | I | II | III | | | | | | |
| NOV | T0 | 66 | 384 | 261 | 237.00 | 711 | 711 | 0 | 34.5 | 45.3 |
| DIC | T1 | 116 | 17 | 370 | 167.67 | 503 | 1214 | 30 | 35.1 | 33.24 |
| ENE | T2 | 2 | 72 | 156 | 76.67 | 230 | 1444 | 60 | 31.1 | 40 |
| FEB | T3 | 0 | 2 | 2 | 1.33 | 4 | 1448 | 90 | 31.82 | 56.67 |
| MAR | T4 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1448 | 120 | 23.79 | 40 |
| ABR | T5 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1448 | 150 | 25.44 | 44.67 |
| MAY | T6 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1448 | 180 | 33.5 | 52.67 |
| JUN | T7 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1448 | 210 | 28.16 | 46.67 |

En base a la cantidad de larvas de moscad doméstica registradas en los muestreos para el estrato inferior y los datos de temperatura y humedad del raquis se realizo un análisis de correlación para observar si existe o no relación entre las variables evaluadas.

Cuadro 8. Análisis de correlación de pearson para la variable larvas versus factores climáticos para el estrato inferior (Coeficientes\probabilidades)

| | TIEMPO | T° MEDIA | Larvas | HUMEDAD % |
|-----------|--------|----------|---------|-----------|
| TIEMPO | 1.00 | 0.08 | 5.6E-04 | 0.22 |
| T° MEDIA | -0.37 | 1.00 | 0.05 | 0.57 |
| Larvas | -0.65 | 0.40 | 1.00 | 0.52 |
| HUMEDAD % | 0.26 | 0.12 | -0.14 | 1.0 |

Se realizo un análisis de correlación entre el numero de larvas y el tiempo de descomposición, de acuerdo al análisis para el estrato inferior la variable que presenta correlación es el tiempo de descomposición del raquis, ya que el análisis indica una correlación negativa entre el tiempo y la cantidad de larvas. El criterio para la toma de decisión es con un valor de significancia del 5% donde se acepta la hipótesis que si hay correlación positiva o negativa y se da si el valor $p \leq 0.05$. El valor significativo pero el

signo negativo del coeficiente indica que a mayor tiempo menos es la cantidad de larvas. Esto puede explicarse debido a la degradación del raquis a través del tiempo donde las bacterias y otros componentes que son utilizados por las larvas de mosca doméstica como fuente de nutrientes, decrecen rápidamente durante el proceso de descomposición.

Quiere decir que para el caso particular del estrato inferior, la temperatura y la humedad del raquis no tiene correlación sobre la cantidad de larvas y por ende no tiene influencia sobre la preferencia de la mosca a la colonización del raquis, sino mas bien su preferencia está directamente relacionada con el tiempo de descomposición del mismo.

Se realizó análisis de regresión para las variables de interés agronómico, siendo estas el número de larvas en función del tiempo de descomposición. El tiempo de descomposición es importante ya que de este dependerá la degradación de los materiales orgánicos que son apetecidos para la colonización de moscas en el raquis de palma aceitera.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable No. total de larvas de mosca común en el estrato inferior.

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| T0 | 3 | 711 | 237 | 25713 |
| T1 | 3 | 503 | 167.66 | 33154.33 |
| T2 | 3 | 230 | 76.66 | 5945.33 |
| T3 | 3 | 4 | 1.33 | 1.33 |
| T4 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| T5 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| T6 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| T7 | 3 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro 10. Datos para análisis de regresión lineal para la variable No. total de larvas de mosca común en el estrato inferior

| Variable | Tratamiento | | | | | | | |
|---|-------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| Cantidad promedio larvas/0.057 m ³ | 237 | 167 | 76 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tiempo de descomposición (días) | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 |

Cuadro 11. Análisis de regresión lineal del estrato inferior para la variable Larvas de mosca común en función del tiempo.

| ESTRATO | Variable | N | R ² | R ² Aj | ECMP | AIC | BIC |
|----------|----------|----|----------------|-------------------|----------|--------|--------|
| INFERIOR | Larvas | 24 | 0.43 | 0.40 | 10167.50 | 288.22 | 291.76 |

El análisis de regresión muestra un coeficiente de ajuste (R) de 0.40 lo cual indica la relación entre dos variables y el ajuste que este tiene a la realidad. Por lo que el análisis se ajusta en un 40 % a la realidad. Aunque existe relación entre las variables el coeficiente es muy bajo por lo que no es concluyente el hecho que el tiempo de descomposición tenga relación directa con la cantidad de larvas en el raquis de palma aceitera. Este nivel bajo de ajuste a la realidad se puede dar debido a la cantidad y frecuencia de la toma de datos con la que se tomaron los registros del ensayo.

Cuadro 12. Coeficientes y estadísticos asociados a la variable No. larvas totales en el estrato inferior

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS (95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|--------|--------|-------|---------|----------|-------|---------|-----------|------|
| Const | 174.03 | 33.69 | 104.16 | 243.90 | 5.17 | <0.0001 | | |
| TIEMPO | -32.48 | 8.05 | -49.19 | -15.78 | -4.03 | 0.0006 | 16.61 | 1.00 |

El número de larvas está asociado al tiempo de descomposición pero no es concluyente debido al porcentaje de ajuste a la realidad (coeficiente R). Se tomaron en cuenta para el modelo de regresión las variables en mención. El modelo de regresión que se presenta explica en un 40% (R² Aj = 0.40) la relación lineal del tiempo de descomposición respecto al número de larvas.

$$Y_{Ei} = a \pm bx$$

$$Y_{Ei} = 174.03 - 32.48x$$

$$R^2 = 0.40 \text{ (40\%)}$$

En donde:

Y_{Ei} = cantidad de larvas/m³

x = tiempo de descomposición (Días)

El modelo hace referencia a que cuando transcurre un mes de descomposición del raquis el número de larvas disminuye en 32.48, considerando que una colonia inicial promedio puede ser de 174.03 larvas de mosca doméstica. Esta función es importante ya que se puede obtener el número de larvas en función del tiempo de descomposición, sin necesidad de realizar el proceso de exposición y colonización del raquis.

Cuadro 13. Análisis de varianza (SC tipo III) para la variable larvas totales en el estrato inferior en función del tiempo de descomposición.

| F.V. | SC | Gl | CM | F | p-valor |
|---------|-----------|----|-----------|-------|---------|
| Modelo. | 132957.53 | 1 | 132957.53 | 16.27 | 0.0006 |
| TIEMPO | 132957.53 | 1 | 132957.53 | 16.27 | 0.0006* |
| Error | 179789.80 | 22 | 8172.26 | | |
| Total | 312747.33 | 23 | | | |

**significativo*

***altamente significativo*

NS *no significativo*

El análisis de varianza para el estrato inferior en función del tiempo de descomposición del raquis indica que si hay evidencia para afirmar que existe regresión lineal simple, utilizando el criterio donde el valor "p" es menor a 0.05 para la existencia de evidencia de regresión lineal.

B. Evaluación de estrato superior de la pila de raquis.

De acuerdo al análisis del experimento el punto de muestreo del estrato superior se encontraba a 1.5 m del suelo, donde se presentaron características de humedad y temperatura distintas al estrato inferior.

Para poder determinar cuál era la variable que está influyendo directamente en la colonización de la mosca en el raquis de palma aceitera, se realiza un análisis de correlación múltiple en el cual se compararon variables de: tiempo (meses), Temperatura media, cantidad de larvas y el porcentaje de humedad del raquis al momento del muestreo.

Cuadro 14. Resultados del análisis de varianza del numero de larvas para el estrato superior

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1 | 3 | 90 | 30 | 625 |
| Fila 2 | 3 | 122 | 40.66 | 2501.33 |
| Fila 3 | 3 | 106 | 35.33 | 3240.33 |
| Fila 4 | 3 | 50 | 16.66 | 646.33 |
| Fila 5 | 3 | 42 | 14 | 588 |
| Fila 6 | 3 | 22 | 7.33 | 161.33 |
| Fila 7 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Fila 8 | 3 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro 15. Datos para análisis de regresión lineal de larvas versus tiempo para el estrato superior

| Variable | Tratamiento | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|------------|------------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| Cantidad promedio larvas/0.057 m³ | 30 | 40.66 | 35.33 | 16.66 | 14 | 7.33 | 0 | 0 |
| Tiempo de descomposición (días) | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 |

Cuadro 16. Análisis de correlación de pearson para el estrato superior (Coeficientes\probabilidades)

| | TIEMPO | T° MEDIA | Larvas | HUMEDAD % |
|-----------|--------|----------|--------|-----------|
| TIEMPO | 1.00 | 3.1E-03 | 0.03 | 5.0E-04 |
| T° MEDIA | -0.58 | 1.00 | 0.17 | 0.02 |
| Larvas | -0.44 | 0.29 | 1.00 | 0.15 |
| HUMEDAD % | 0.66 | -0.47 | -0.31 | 1.00 |

Según el análisis de correlación de pearson para el estrato superior con una significancia del 5% se determino que para el estrato superior las variables que presentan correlación son entre el tiempo y la temperatura, el tiempo y larvas y el tiempo con la humedad del raquis.

El criterio para la toma de decisión es con un valor de significancia del 5% donde se acepta la hipótesis que si hay correlación positiva o negativa y se da si el valor $p \leq 0.05$.

Según la tabla de correlación r de Pearson, para el caso de 4 parejas, existe significancia de un 80% a partir de un $r = 0.45$. Por lo que en el cuadro anterior se puede interpretar que las parejas si pasan el criterio de aceptación de la hipótesis pero no es significativo para la toma de decisiones. Según el análisis se tiene correlación negativa entre el % de humedad del raquis ($r=0.66$) y el tiempo de descomposición del raquis, la temperatura media del raquis ($r= -0.58$) y la cantidad de larvas ($r= -0.44$), esto sugiere que la cantidad de larvas se encuentra más influenciado por el aumento en el % de humedad, que por la temperatura y el tiempo de descomposición pero no es concluyente debido al criterio de significancia.

Esto no explica del todo la preferencia a la colonización de la mosca debido al comportamiento de las temperaturas que presenta el raquis relacionado con el tiempo de descomposición y las etapas que se llevan a cabo. La comparación de las temperaturas y la humedad en el estrato inferior comparado con el estrato superior explica la línea estrecha entre la colonización y la no colonización del raquis y se presenta en la figura 17.

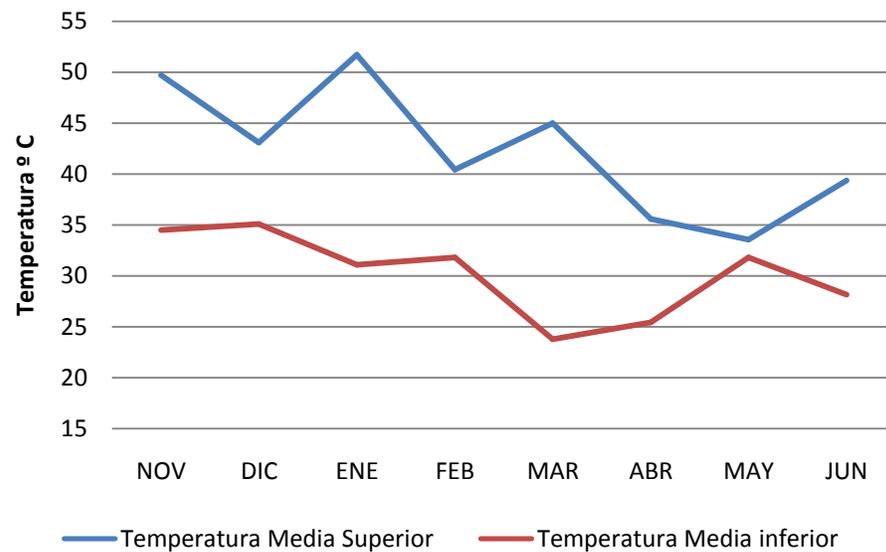


Figura 23. Comparación de la temperatura media y el % humedad del raquis en el estrato inferior y superior

En la figura 17, se observa el comportamiento de la temperatura media para el estrato superior e inferior en el raquis de palma a través del tiempo, esto se suma al análisis de correlación para el estrato superior donde si existe correlación entre la temperatura y el número de larvas presentes en el raquis. Se puede observar el comportamiento en el estrato superior donde la temperatura se mantiene por encima de los 40 °C lo que no favorece el crecimiento y desarrollo de las larvas de dípteras en el raquis. André (2006), indica que las condiciones ideales para la proliferación de mosca en este desecho, son en temperaturas 30 y 35 °C para la reproducción de la mosca (*M. doméstica*), por lo que explica la correlación entre la temperatura y la cantidad de larvas en el estrato superior.

Para las variables de interés se realizó análisis de regresión, siendo estas el número de larvas en función del tiempo de descomposición para el estrato superior. El tiempo de descomposición es importante ya que de este dependerá la degradación de los materiales orgánicos que son apetecidos para la colonización de moscas en el raquis de palma aceitera.

Cuadro 17. Análisis de regresión lineal del estrato superior para la variable Larvas en función del tiempo.

| ESTRATO | Variable | N | R ² | R ² Aj | ECMP | AIC | BIC |
|----------|----------|----|----------------|-------------------|--------|--------|--------|
| SUPERIOR | Larvas | 24 | 0.20 | 0.16 | 847.69 | 230.15 | 233.68 |

El análisis de regresión muestra un coeficiente de ajuste (R) de 0.16 lo cual indica la relación entre dos variables y el ajuste que este tiene a la realidad. Por lo que el análisis se ajusta en un 16 % a la realidad. Aunque existe relación entre las variables el coeficiente es muy bajo por lo que no es concluyente el hecho que el tiempo de descomposición tenga relación directa con la cantidad de larvas encontradas en el estrato superior en el raquis de palma aceitera. Este nivel bajo de ajuste a la realidad se puede dar debido a la cantidad de datos que se tomaron del ensayo.

Cuadro 18. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la variable larvas totales en función del tiempo para el estrato superior

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|--------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|-----------|------|
| const | 36.89 | 10.05 | 16.05 | 57.73 | 3.67 | 0.0013 | | |
| TIEMPO | -5.56 | 2.40 | -10.54 | -0.58 | -2.32 | 0.0302 | 6.18 | 1.00 |

Para el caso del estrato superior así como en el estrato inferior, el número de larvas está asociado al tiempo de descomposición, por consiguiente se tomo en cuenta para el modelo de regresión. El modelo de regresión que se presenta explica en un 16% (r^2 Aj = 0.16) la relación lineal del tiempo de descomposición respecto al número de larvas en el estrato superior.

Cuadro 19. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para el estrato superior en función del tiempo de descomposición.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 3900.01 | 1 | 3900.01 | 5.37 | 0.0302* |
| TIEMPO | 3900.01 | 1 | 3900.01 | 5.37 | 0.0302* |
| Error | 15989.83 | 22 | 726.81 | | |
| Total | 19889.83 | 23 | | | |

**significativo*

***altamente significativo*

NS no significativo

El análisis de varianza para el estrato superior en función del tiempo de descomposición del raquis indica que si hay evidencia para afirmar que existe regresión lineal simple siendo esta significativa, utilizando el criterio donde el valor “p” es menor a 0.05 para la existencia de evidencia de regresión lineal, a continuación se presenta el modelo:

$$Y_{Es} = a \pm bx$$

$$Y_{Es} = 36.89 - 5.56x$$

$$R^2 = 0.16 (16 \%)$$

En donde:

Y_{Ei} = cantidad de larvas/m³

x = tiempo de descomposición (Días)

El comportamiento de la colonia de larvas de mosca en función del tiempo es de forma lineal negativa, indicando que por cada día que transcurre el raquis en descomposición, la población del díptero disminuye en 5.56 unidades de larva, esto es para el estrato superior.

2.6.3. INFLUENCIA DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN LA COLONIZACIÓN DE MOSCA EN EL RAQUIS DE PALMA ACEITERA.

La influencia del contenido nutricional de los desechos orgánicos es un factor que se debe analizar detenidamente para interpretar o predecir la selección de los insectos en la colonización de los mismos. El contenido nutricional está ligado con la presencia de microorganismos que degradan estos nutrientes presentes en los desechos indica a los insectos que allí se encuentra un medio idóneo que garantice la sobrevivencia de las generaciones posteriores. Por tal motivo se evaluó el contenido nutricional a lo largo del tiempo obteniendo datos de calorías, carbohidratos, cenizas, grasa (aceite), humedad y proteína que pudieran estar ligados directa o indirectamente con la preferencia a la colonización de ciertos desechos orgánicos.

Para el analizar la influencia del contenido nutricional en la colonización de las moscas en el raquis se hizo un análisis de regresión múltiple en el cual se comparo la cantidad de larvas obtenidas al momento del muestreo para el análisis nutricional con las variables nutricionales antes mencionadas.

Cuadro 20. Resultados del análisis nutricional del raquis

| TRATAMIENTO | Tiempo de descomposición (días) | CANTIDAD LARVAS Media. | CALORÍAS (cal/100gr) | carbohidratos totales % | cenizas % | grasa % | Humedad % | Proteína % |
|-------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-----------|---------|-----------|------------|
| T0 | 0 | 131 | 85.68 | 12.72 | 1.59 | 2.68 | 80.34 | 2.67 |
| T1 | 30 | 104 | 148.68 | 30.71 | 3.35 | 0.77 | 60.45 | 4.72 |
| T2 | 60 | 56 | 118.84 | 25.05 | 1.05 | 1.96 | 71.69 | 0.25 |
| T3 | 90 | 9 | 166.67 | 30.71 | 2.95 | 3.51 | 59.77 | 3.06 |
| T4 | 120 | 7 | 81.22 | 17.16 | 1.55 | 0.1 | 78.27 | 2.92 |
| T5 | 150 | 3 | 138.92 | 30.84 | 2.06 | 0 | 63.21 | 3.89 |
| T6 | 180 | 0 | 126.25 | 24.81 | 6.39 | 0.33 | 62.46 | 6.01 |
| T7 | 210 | 0 | 110.74 | 23.18 | 2.45 | 0.62 | 70.64 | 3.11 |

La descomposición del raquis de palma influye en los primeros 3 meses de descomposición, por los análisis nutricionales y la fluctuación de las poblaciones de mosca se puede inferir que a los 120 días de descomposición termina la descomposición del raquis donde es apetecida para la oviposición de la mosca doméstica así también factores de tipo nutricional como la cantidad de carbohidratos del raquis y el porcentaje de humedad.

Debido a la complejidad del análisis se obtuvieron varios modelos estadísticos que explicaran el comportamiento de la presencia de larvas en relación al contenido nutricional del raquis, para lo cual se obtuvieron los mejores 10 modelos seleccionados de todos los modelos posibles significativos que el programa pudo obtener para lo cual se muestra las combinaciones del modelo en el cuadro 21.

Cuadro 21. Ajuste de Modelos posibles asociados al contenido nutricional y la cantidad de larvas de mosca presentes en el raquis.

| Numero Reg. | R ² Aj. | 1 | 2 | 3 |
|-------------|--------------------|------|---------------|----------|
| 6 | 0.76 | Días | | |
| 5 | 0.74 | Días | Calorías | |
| 5 | 0.74 | Días | Grasa | |
| 5 | 0.74 | Días | Carbohidratos | |
| 4 | 0.73 | Días | Calorías | Proteína |
| 5 | 0.73 | Días | Proteínas | |
| 4 | 0.73 | Días | Calorías | Humedad |
| 4 | 0.73 | Días | Humedad | Proteína |
| 5 | 0.72 | Días | Humedad | |
| 4 | 0.72 | Días | Carbohidratos | Proteína |

Dentro de los modelos de regresión comparando los días de descomposición y las diferentes variables nutricionales se encontró un modelo que explique el contenido de larvas respecto al aporte nutricional del raquis, se determino que el modelo que integra

las variables explicativas, días y calorías, explica el comportamiento en un 74%, por lo que se puede decir que la cantidad de larvas y los días de descomposición influyen directamente en la colonización del raquis por parte de la mosca y se ajusta a la realidad con un error del 26 %, explicando de manera cercana a la realidad el comportamiento del díptero en el raquis de palma aceitera.

2.7. CONCLUSIONES

- La fluctuación de las poblaciones de mosca se da en mayor cantidad en el estrato inferior con una densidad de 362 larvas/0.057 m³ entre los 10 y 120 días después de la exposición del raquis al ambiente, registrando una temperatura media de 33.13°C y una humedad del raquis del 43.73%. Comparando con el estrato superior de la pila de raquis donde se tuvo una densidad de población de 92 larvas/0.057 m³ con temperatura media de 46°C y humedad del raquis de 44.3%.
- Las condiciones ideales de crecimiento y desarrollo de la mosca común se dan en una temperatura ideal entre los 30 a 35°C debido a esto se hace evidente la predisposición a la selección de la mosca por el estrato inferior en cuanto a colonización, por la temperatura registrada que ubica en el rango de temperatura de confort del díptero.
- Según los análisis estadísticos la presencia, desarrollo y crecimiento de larvas de mosca doméstica en el raquis está influida por la humedad y temperatura del medio donde se encuentra la larva siendo esto significativo estadísticamente para la toma de decisiones.
- El punto crítico de susceptibilidad del raquis a la colonización de mosca doméstica se da desde los 10 a 120 días de exposición del raquis, dando como resultado al menos tres ciclos de 35 días que dura el ciclo del díptero a una temperatura de 35 °C. El raquis de palma tiene sus puntos críticos a los 0 días cuando es expuesto al ambiente, dando como resultado 3 generaciones hasta completar un periodo de colonización de 120 días bajo condiciones ideales de temperatura (30-35°C).
- El contenido de Calorías y el porcentaje de humedad está más relacionado con la cantidad de larvas en función del tiempo de descomposición, pero no es concluyente si influye o no en la preferencia a la colonización de mosca doméstica en el raquis de palma.

2.8. RECOMENDACIONES

- Se deben continuar las evaluaciones de la colonización de la mosca en función del tiempo de descomposición del raquis debido a las condiciones climáticas específicas y variables del lugar.
- Implementar monitoreos de la presencia del díptero en sus diferentes etapas que permitan explicar el comportamiento y los ciclos que transcurren hasta el tiempo de descomposición donde ya no es apetecido.
- Comprobar en condiciones diferentes a apilar el raquis en el campo abierto si la preferencia a la colonización se cumple según los modelos generados.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. About Laboratories, US. 1978. Manual técnico. Illinois, US. p. 4-20.
2. Acebedo, SF. 1995. Plan integral para el desarrollo ganadero del departamento de Santander. Colombia, ICA. 68 p.
3. André, G. 2006. Mosca doméstica, biología y características (en línea). Argentina. Consultado 16 set 2012. Disponible en <http://www.cfi-plagas.com.ar/moscas.htm>
4. Bayer, ES. 2012. Mosca (en línea). España. Consultado 30 jul. 2012. Disponible en http://www.pestcontrol-expert.com/bayer/cropscience/bespestcontrol.nsf/id/ES_Mosca
5. Calderón, L. 1998. Las mil y una mosca. Paso a Paso (GT) 3:5-7.
6. Camacho, V. 1999. Parasitoides de mosca. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología. p. 14-20.
7. Castillo, J. 1999. Combate de moscas domésticas en México. México, UNAM, Revista Vida Universitaria vol 3:10-15.
8. Cid, N Del. 2012. Aspectos generales del raquis de palma en la finca Yalcobé, Naturaceites (correo electrónico). Fray Bartolomé de las Casas, Guatemala, Naturaceites.
9. Crespo, DC. 1999. Laboratorios de mosca doméstica (en línea). Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 3 p. Consultado 18 set 2012. Disponible en <http://www.cnia.inta.gov.ar/civcya/imyza/amip/lmd.html>
10. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 18.
11. Estrada, RE. 1991. Control microbiano. *In* curso de control biológico. Xalapa, Veracruz, México, Universidad de América Latina. 15 p. (correspondencia personal). Guatemala, Agrícola El Sol.
12. Falcon, CA; Smith, RF. 1974. Manual de control integrado de plagas del algodón. Roma, FAO. 87 p.
13. Faz, LM; Meneses, PM. 2007. Monitoreo de mosca doméstica. Honduras, Universidad Panamericana "El Zamorano". 34 p.
14. GREPALMA (Gremial de Palmicultores de Guatemala, GT). 2012. La palma de aceite en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.grepalma.org/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=11&lang=es

15. Hernández Dávila, AG. 1991. Sanidad vegetal y su importancia en la agricultura. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 217 p.
16. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de zona de vida de la república de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc 1:600,000.
17. INE (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. Francis Gall comp. 2 ed. Guatemala. tomo 1, p. 2.
18. Infoagro.com. 2013. El cultivo de la palma africana (en línea). España. Consultado 19 set 2013. Disponible en http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm
19. Jacobs, SB. 2013. Moscas caseras. Pennsylvania, US, Universidad de Pennsylvania State, Notas Entomológicas de la Universidad de Penn State. 2 p.
20. Metcalf, CL; Flint, WP. 1966. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Trad. de Alonso Blackaller Valdés. México, CECSA. 1208 p.
21. Moon, R; Hinter, J; O'Rourke, S; Schmidt, D. 2001. Nutritional value of fresh and composted poultry manure for house fly (Diptera-Muscidae) larvae. J. Econ. Entomol. 94:1308-1317.
22. MOSCAMED, GT. 2011. Memorias 2011 (en línea). Guatemala. Consultado 18 set 2012. Disponible en <http://www.moscamed-guatemala.org.gt/?secc=Contacto>
23. Paes, B; Vanda, H. 2009. Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidae. 2 ed. Lavras, Brasil, UFLA. 430 p.
24. Pérez C, H. 2013. La mosca y sus hábitos (correo electrónico). Naucalpan de Juárez, Estado de México, México, UNAM, Facultad de Agronomía, Departamento de Investigación.
25. Richard, J. 1971. Fundamentos de entomología. Kansas, US, Universidad del Estado. p. 236-237, 288-289.
26. Vergara, R; Jiménez V, J. 1993. Manejo integrado de moscas comunes (MIMC) en explotaciones pecuarias y salud pública con énfasis en control biológico. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). p. 347-359.



CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA NATURACEITES
DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO –EPS–
EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS,
ALTA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

3.1. PRESENTACIÓN

La empresa Naturaceites S.A. cuenta con 3 grandes áreas de producción las cuales están ubicadas en el área de: El Estor, Izabal; Fray Bartolomé de las casas, Alta Verapaz y San Luis, Peten. Naturaceites se dedica a la producción de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) para la obtención de aceites y subproductos para usos domésticos e industriales.

Dentro de las diferentes áreas de la empresa se encuentra el Laboratorio Técnico Agrícola que está ubicado en el área de la Franja Transversal del Norte en la Finca Yalcobé. Pertenece al municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. Este laboratorio provee de información al departamento de sanidad y nutrición vegetal del área de Alta Verapaz. El laboratorio cuenta con equipo básico para el manejo de muestras vegetales y de determinación de plagas y enfermedades.

El laboratorio técnico agrícola de la finca Yalcobé cuenta con 4 líneas de desarrollo importantes, análisis de muestras de presencia de nematodos en el vector y tejidos dañados, preparación de muestras de suelo y vegetales para análisis de nutrición vegetal, reproducción de parasitoides para el control de moscas en raquis y desarrollo del botadero de raquis para descomposición. El laboratorio brinda este servicio para siete fincas ubicadas en las inmediaciones de la transversal del norte dando los datos necesarios para realizar las acciones preventivas y/o correctivas necesarias para un buen desarrollo de las plantaciones.

Una de las líneas de desarrollo del laboratorio técnico agrícola es el control de la mosca DOMÉSTICA (*Musca DOMÉSTICA*), ya que uno de los desechos que queda luego de la extracción del aceite, es apetecido por dicho insecto, considerándose un problema social, más no, un problema del cultivo como tal.

Según el DIAGNÓSTICO realizado el Insectario de la empresa se determino que por tratarse de un proyecto nuevo no se contaba con los manuales técnicos de procesos, parámetros de producción de moscas y de parasitoides. Por tal motivo se considero la elaboración y obtención de los datos necesarios para la elaboración del mismo y así garantizar un manejo y mantenimiento adecuado en la cría de parasitoides bajo condiciones controladas.

Para esta problemática se plantearon diferentes pruebas de laboratorio en la crianza tanto de mosca DOMÉSTICA para el alimento de los parasitoides y con los parasitoides mismos generando información real para la elaboración de los manuales antes mencionados.

3.2. ELABORACIÓN DE MANUALES DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CRIANZA DE PARASITOIDES DE DÍPTEROS DE LA FAMILIA PTEROMALYDAE

El insectario constituye la base para la cría y el mantenimiento de insectos que se utilizan con fines de investigación y para la reducción del uso de pesticidas en el cultivo de palma aceitera. Los manuales juegan un papel importante en la base de dichos proyectos estandarizando los procesos y haciéndolos más eficientes. El presente manual, responde a la necesidad de que exista un manual para la cría y manejo de la mosca DOMÉSTICA para el cultivo de himenópteros parasitoides, permitiendo la homogenización de los parámetros a tener en cuenta en la crianza de insectos, con el propósito de obtener un material biológico de óptima calidad. Así también incluir las medidas de bioseguridad para los trabajadores que deben ser consideradas para el trabajo con estos insectos.

3.2.1. Objetivos

- Proveer un manual de fácil interpretación para los trabajadores del insectario de la empresa Naturaceites S.A donde se detalle el proceso completo de reproducción de mosca DOMÉSTICA para la producción de parasitoides de la misma.
- Reproducir de forma masiva pupas de *M. DOMÉSTICA* para proveer de hospederos a los parasitoides Pteromalidos
- Evitar que la mosca DOMÉSTICA termine su ciclo de vida para reducir su nivel poblacional

3.2.2. Metodología

La metodología consistió en la observación del trabajo diario en el insectario para así elaborar el manual de procedimientos con el apoyo del trabajo de los integrantes del insectario, involucrándose en las actividades propias de la reproducción de los insectos. En base a las observaciones de las actividades y pruebas de laboratorio en la cría de los insectos se logro obtener estándares que permitieran la reproducibilidad del proyecto para otras regiones de producción de la empresa.

3.2.3. Resultados

El resultado fue un manual detallado con fotografías en lenguaje técnico sencillo para los trabajadores del insectario. Por motivos de derechos de autor por parte de la empresa no podrá ser publicado en este documento, siendo propiedad de la empresa patrocinante, Naturaceites S.A.

Se entregó una copia física y electrónica al jefe del departamento de investigación agrícola de la empresa para ser analizado y publicado dentro de la empresa.

3.2.4. Evaluación

La evaluación de los manuales se realizo durante la elaboración del mismo, siendo un manual confiable en cuanto a las actividades y resultados que se obtuvieron en base a los datos publicados.

3.2.5. Constancias



Figura 24. Portada del manual de procedimientos del insectario de la empresa Naturaceites S.A.



Figura 25. Sección de manual de procedimientos 1



Figura 26. Sección de manual de procedimientos 2



Figura 27. Sección de manual de procedimientos 3

3.3. ELABORACIÓN DE MANUAL TÉCNICO

La mosca DOMÉSTICA (*Musca DOMÉSTICA*) es un díptero que pertenece a la familia Muscidae y constituye uno de los artrópodos que más problema causa al hombre y a los animales. Estos dípteros se encuentran en casi todas las localidades del mundo y sus poblaciones representan aproximadamente el 98 % de las moscas que causan molestias en los hogares, Camacho (1999).

La *M. DOMÉSTICA* cobra relevancia para la empresa “Naturaceites S.A.” en el proceso de producción y proceso industrial de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) para la obtención de aceite y sus derivados. Durante el proceso de extracción del aceite quedan diferentes desechos tanto líquidos como sólidos. Uno de los desechos sólidos, es el raquis de palma, el cual es un racimo fibroso que pertenece a la flor femenina que queda luego de retirar los frutos del mismo.

Este díptero tiene preferencias por la colonización del raquis de palma aceitera (*E. guineensis*) luego de ser retirado de la planta de extracción, por lo que se convierte en un problema a solventar debido a que su presencia es molesta, produce contaminación y es transmisora de bacterias y enfermedades tanto para humanos como animales domésticos, Richard (1971). Se ha demostrado que la *M. DOMÉSTICA* transporta agentes patógenos infecciosos causantes de más de 20 enfermedades (fiebre tifoidea, cólera y otras) que afectan tanto al hombre como a los animales, Camacho (1999). Por lo anterior las moscas que se encuentran en las aldeas que rodean a las fincas de la empresa son focos de contaminación y proliferación del díptero.

A pesar de que el control químico es efectivo para bajar la población de la mosca DOMÉSTICA, se ha optado por el biocontrol mediante parasitoides. Por tal motivo, en el presente ensayo, desarrollado en el insectario del departamento Agrícola de la empresa “Naturaceites S.A.”, se estableció la metodología de cría masiva de *Musca DOMÉSTICA*, para que sea utilizado como hospedero del parasitoide *Pachycreopoideus sp.*

La utilización de fumigantes e insecticidas es el principal método de control en la producción agrícola, aunque hay otras alternativas como el control biológico (Dal Bello *et ál.*, 2001; Steidle y Schóller, 2002, citado por Pascual y Del Estal, 2004), el control autocida, Gonzales, J;B (1971), entre otros. El control biológico es un componente muy importante en los programas de manejo integrado de plagas que utilizan recursos naturales para mantener las poblaciones de especies dañinas en cultivos, por debajo de niveles que causen daño económico (García, 2004, citado por Bertorelly y Rengifo, 2008); los parasitoides o depredadores, los artrópodos entomófagos son los más usados para el control de insectos plagas (Bertorelly y Rengifo, 2008).

La producción de pupas de *M. DOMÉSTICA* es fundamental para la reproducción masiva del biocontrolador, ya que esta es el huésped con la cual se reproduce el biocontrolador, para después liberarlo en el campo.

En el insectario del Departamento Agrícola, se determinó que el ciclo biológico de la *M. DOMÉSTICA* fue de 1 día para los huevos; 4 días para las larvas; 10.5 para las pupas y 20 días para los adultos, con lo que es posible establecer una nueva generación cada cinco semanas. El ataque de los ácaros se tomo en cuenta para el presente proyecto debido a su importancia en la cría del hospedero, por lo que se deben seguir lineamientos para evitar los ataques. A si también el ciclo de vida del parasitoide *Pachycreopoides sp.* (Hymenoptera – Pteromalidae) fue de Ciclo completo 19 días.

3.3.1. Objetivos

- Proveer un manual con información técnica para los jefes del insectarios y el departamento de investigación de la empresa Naturaceites S.A donde se detalle el proceso completo de reproducción de mosca DOMÉSTICA para la producción de parasitoides.
- Elaborar un manual detallado para reproducir de forma masiva pupas de *M. DOMÉSTICA* que provean de hospederos a los parasitoides Pteromalidos.

3.3.2. Metodología

La metodología consistió en la observación del trabajo diario en el insectario para así elaborar el manual técnico de procedimientos con el apoyo del trabajo de los integrantes del insectario, involucrándose en las actividades propias de la reproducción de los insectos. En base a las observaciones de las actividades y pruebas de laboratorio en la cría de los insectos se logro obtener estándares que permitieran la reproducibilidad del proyecto para otras regiones de producción de la empresa.

3.3.3. Resultados

El resultado fue un manual técnico para profesionales detallando todos los procesos con fotografías en lenguaje técnico. Por motivos de derechos de autor por parte de la empresa no podrá ser publicado en este documento, siendo propiedad de la empresa patrocinante, Naturaceites S.A.

Se entregó una copia física y electrónica al jefe del departamento de investigación agrícola de la empresa para ser analizado y publicado dentro de la empresa.

3.3.4. Evaluación

La evaluación de los manuales se realizo durante la elaboración del mismo, siendo un manual confiable en cuanto a las actividades y resultados que se obtuvieron en base a los datos publicados.

3.3.5. Constancias

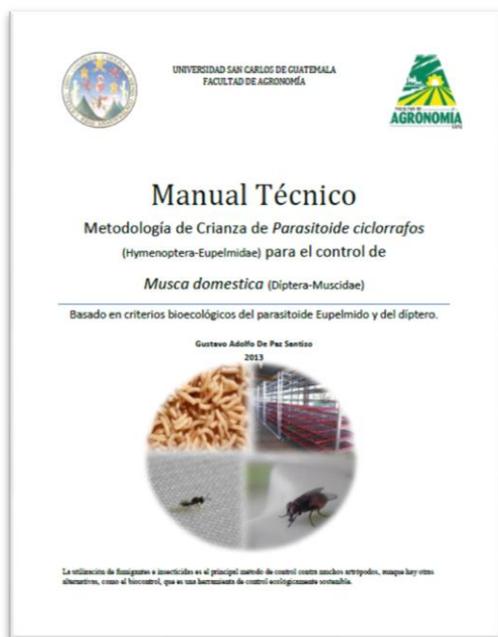


Figura 28. Portada del manual técnico

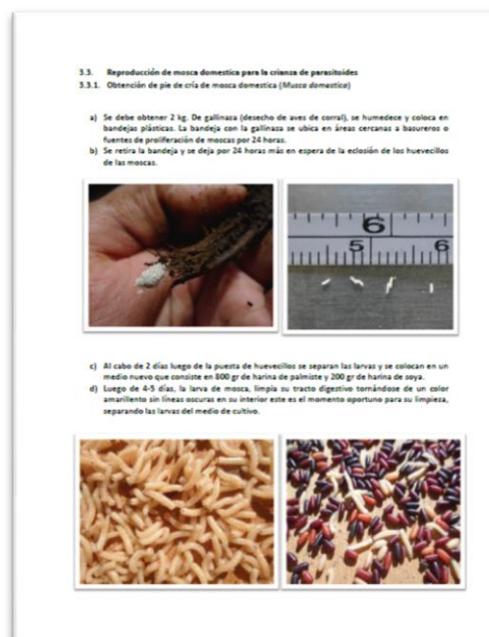


Figura 29. Sección del manual técnico 1



Figura 30. Sección del manual técnico 2



Figura 31. Sección del manual técnico 3

3.4. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE EMERGENCIA DE PARASITOIDES EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Cada especie tiene una curva característica de variación en la emergencia de los parasitoides, es importante conocer esta variación para realizar las liberaciones en el momento de mayor efectividad de parasitación en campo, tomando en cuenta el tiempo de madurez fisiológica y madurez sexual para un mayor número de individuos parasitados.

Las curvas de emergencia son la base para las liberaciones de parasitoides en campo por lo que la obtención de las curvas fue uno de los servicios que le dieron soporte a las pruebas de liberaciones en campo y a los manuales de procedimientos que se detallaron en los incisos 3.1 y 3.2.

3.4.1. Objetivos

- Determinar el tiempo de mayor emergencia de parasitoides en condiciones de laboratorio
- Realizar la curva de emergencia de parasitoides
- Determinar el día de mayor emergencia de parasitoides

3.4.2. Metodología

La metodología que se realizó fue en base a observaciones diarias en 3 lotes diferentes de parasitoides de la misma especie pero que su formación fueron en diferentes fechas. A continuación se detalla la metodología empleada para la obtención de curva de emergencia de parasitoides:

- Se contaron 500 pupas de mosca DOMÉSTICA previamente parasitadas por cada repetición (3 repeticiones), haciendo un total de 1500 pupas parasitadas.
- Se introdujeron en recipientes con ventilación para permitir el ingreso de aire a las mismas
- Al momento de observar el primero parasitoide dentro de los recipientes empieza el conteo para la realización de la curva de emergencia tomando como día 1, el día en que emerge el primero parasitoide de cualquiera de las tres repeticiones.
- Todos los días se revisaron los recipientes a las 16 hrs para tener exactamente 1 día entre lecturas, se sacaron los parasitoides y se sacrificaron para el conteo.
- Los conteos se realizaron hasta el treceavo día que ya no se observaron parasitoides dentro de los recipientes.

3.4.3. Resultados

La evaluación de la curva de emergencia de parasitoides se realizó durante el mes de febrero, dato que hay que tomar en cuenta debido a las condiciones propias de cada mes.

A continuación se presenta la tabla resumen de los conteos de parasitoides por cada día de evaluación.

Cuadro 22. Resumen de toma de datos de emergencia de parasitoides *Pachycrepoideus* en condiciones de laboratorio.

| Días de emergencia | REPETICIÓN 1 | REPETICIÓN 2 | REPETICIÓN 3 | Total general |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 2 | 58 | 45 | 51 | 154 |
| 3 | 35 | 48 | 56 | 139 |
| 4 | 68 | 76 | 98 | 242 |
| 5 | 88 | 96 | 102 | 286 |
| 6 | 61 | 56 | 48 | 165 |
| 7 | 28 | 32 | 25 | 85 |
| 8 | 20 | 18 | 23 | 61 |
| 9 | 11 | 6 | 8 | 25 |
| 10 | 5 | 5 | 2 | 12 |
| 11 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total general | 376 | 383 | 418 | 1177 |

Se evaluaron 3 repeticiones de 500 pupas previamente parasitadas para observar y determinar el tiempo de mayor emergencia en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta el porcentaje de parasitación de cada lote y el porcentaje de emergencia que influye en la cantidad de individuos para el muestreo.

Según la tabla de toma de datos se puede observa que para la repetición 1 el porcentaje de emergencia fue de 75.2 % que incluye el porcentaje de las pupas de mosca que no fueron parasitadas y el porcentaje de parasitoides que no lograron completar su ciclo de vida por diversos factores. La repetición 2 registro un porcentaje de emergencia de 76.6 % y la repetición 3 tuvo un porcentaje de emergencia de 83.6 %.

En total se evaluó una población de 1500 individuos que presentaron un promedio de emergencia del 78.46 %, evaluación que se realizo durante 13 días que tardaron todos los parasitoides en emerger de las pupas de mosca DOMÉSTICA parasitadas.

Cuadro 23. Emergencia de parasitoides promedio de *Pachycrepoideus* por día.

| Día | promedio parasitoides/día |
|-----|---------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 51 |
| 3 | 46 |
| 4 | 81 |
| 5 | 95 |
| 6 | 55 |
| 7 | 28 |
| 8 | 20 |
| 9 | 8 |
| 10 | 4 |
| 11 | 1 |
| 12 | 1 |
| 13 | 0 |

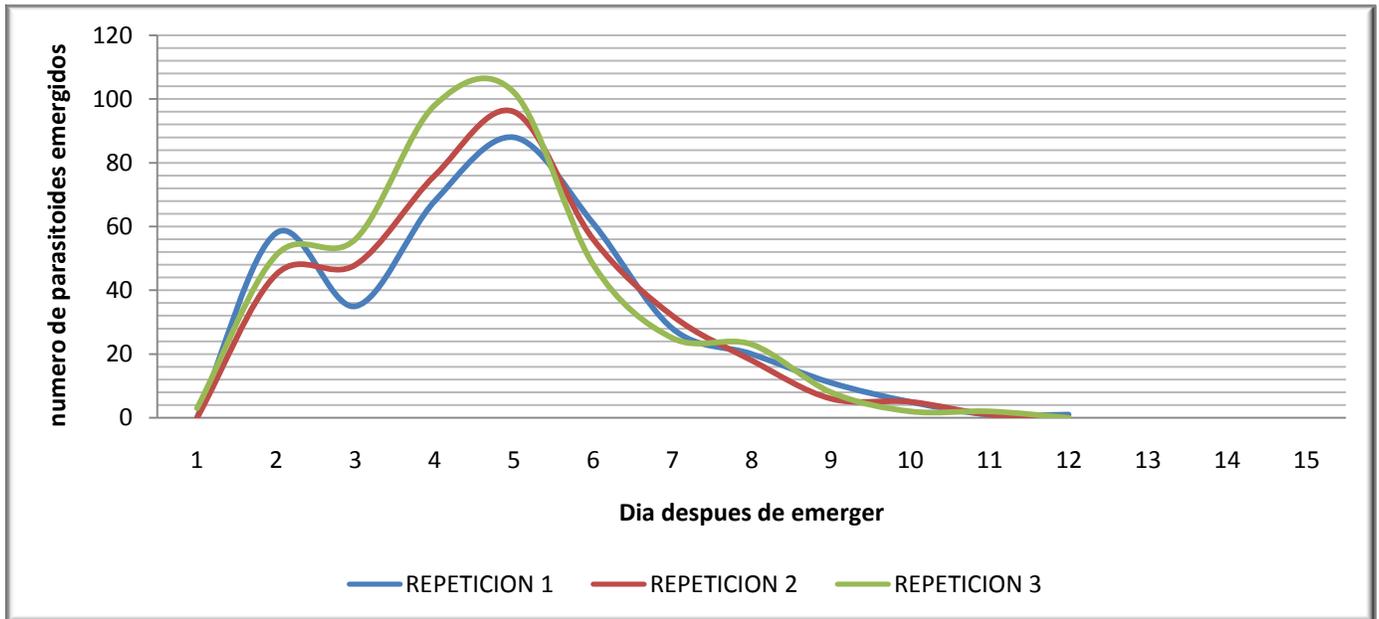
De acuerdo a las evaluaciones se registro la emergencia promedio de los parasitoides por día, en el cual denota el día de mayor emergencia comparado con el resto de los días que les lleva a todos los parasitoides emerger de las pupas parasitadas.

El día de mayor emergencia en promedio por día se registro al quinto día luego de observar el primer parasitoide dentro de los recipientes de evaluación, se registro una emergencia de 95 parasitoides/día.

El tiempo de emergencia es importante debido al hecho de tener parasitoides maduros fisiológica y sexualmente para liberar al campo. Los parasitoides *Pteromalidos* alcanzan su madurez sexual al cuarto día luego de haber emergido de la pupa y al quinto día inician la copula e inmediatamente de eso, inicia la parasitación de nuevas pupas de mosca.

Al registrar la emergencia de los parasitoides a lo largo del tiempo se grafica y se elabora una curva donde se hace ver de forma grafica el día de mayor emergencia de los parasitoides así como se muestra en la figura 27.

Figura No 32. Curva de emergencia de parasitoides en condiciones de laboratorio.

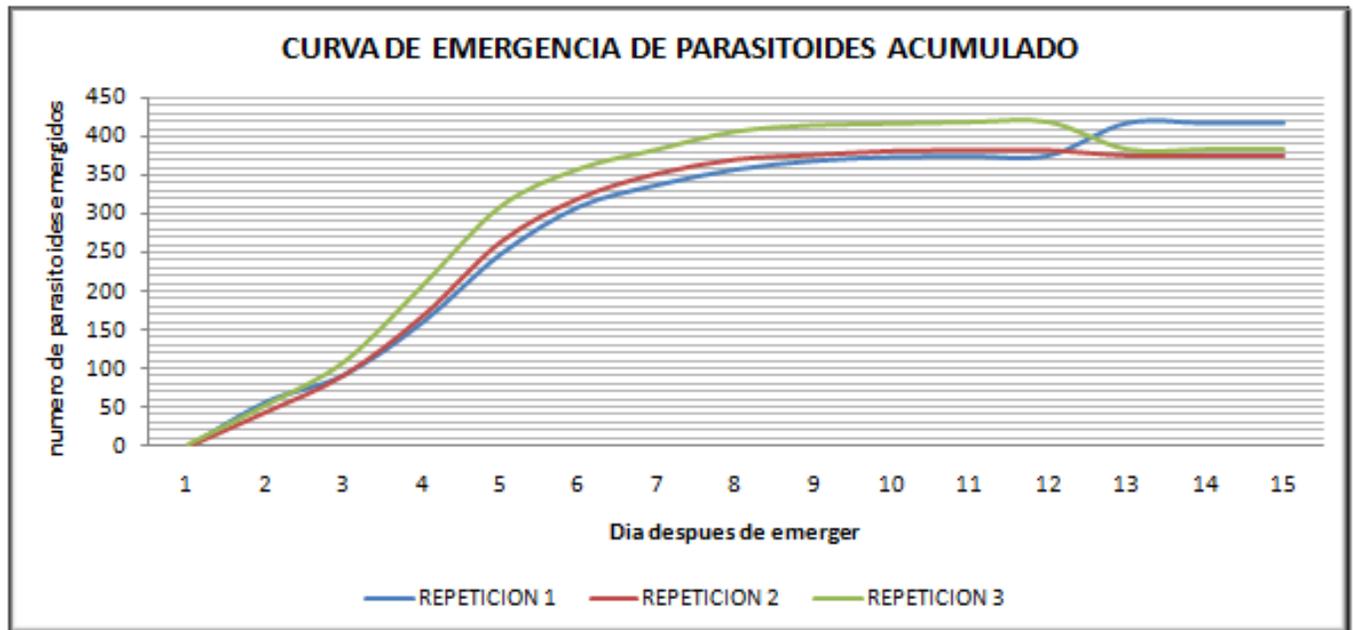


La curva de emergencia de parasitoides ciclorrafos muestra un aumento en la cantidad de individuos emergidos al quinto día luego que se registrara la primera observación de parasitoides en los recipientes. El quinto día representa aproximadamente el 25 % de la emergencia de los individuos en todas las repeticiones así como muestra la curva de emergencia.

Se hace notar que las diferencias en las cantidades emergidas de parasitoides en cada día de evaluación puede estar influenciada por el % de parasitación de las pupas de mosca y por el % de parasitoides que lograron completar su ciclo de vida. Mas sin embargo a pesar de los distintos porcentajes de parasitación de cada repetición se obtuvo un comportamiento similar en cada evaluación, lo cual es un indicativo de que el comportamiento de emergencia de los parasitoides corresponde al indicado por la grafica.

Para hacer notar la cantidad de parasitoides emergidos a lo largo de la curva de emergencia se realizo un acumulado de individuos emergidos en función del tiempo con lo cual se obtuvo la figura 28 presentada a continuación.

Figura No 33. Curva de emergencia de parasitoides acumulado en función del tiempo.



En el acumulado de la curva de emergencia se hace notar un aumento en la curva entre el cuarto y quinto día después de emerger donde se alcanza la mayor cantidad de individuos emergidos, se hace ver que luego del séptimo día de emergencia la curva se estabiliza indicando la llegada al límite de salidas de los parasitoides que finaliza en el treceavo día de evaluación.

Para el quinto día de evaluación han emergido 274 individuos de un total de 391, lo cual representa un 70 % de la población de parasitoides evaluados tomando en cuenta un porcentaje de parasitación del 78 %.

Los datos de emergencia son útiles en dos aspectos, el primero es en relación al uso de parasitoides para renovar el pie de cría de parasitación de nuevas pupas de mosca DOMÉSTICA en el laboratorio, para lo cual hay que tomar en cuenta que al quinto día el 70 % de la población ha emergido y se le deben dar dos días más para que los individuos que emergen al quinto día alcancen su madurez sexual y puedan ser usados para nuevas parasitaciones, por lo anterior se recomienda que los nuevos parasitoides se ingresen a la cámara de parasitación al séptimo día donde ya han copulado y estos están listos para la oviposición. En segundo, la liberación en campo se puede realizar

programando un día antes de la primera emergencia para que todos y cada uno de los parasitoides estén en el campo al momento de la primera emergencia, esto para una mejor eficiencia en la parasitación en campo y establecimiento de las poblaciones de parasitoides en condiciones naturales, lo cual es motivo de nuevas investigaciones en condiciones de campo.

3.4.4. Recomendaciones

- Evaluar las curvas de emergencia de parasitoides para cada mes del año hasta lograr establecer los mejores días de emergencia a lo largo del año.
- Evaluar la eficiencia de parasitación en campo en función de las liberaciones de campo basadas en la curva de emergencia.
- Evaluar la curva de emergencia en condiciones de campo, donde los parasitoides estarán expuestos a las condiciones ambientales

3.5. ENSAYOS DE LIBERACIÓN DE PARASITOIDES DE MOSCA DOMÉSTICA EN CAMPO ABIERTO

El objetivo final de producir parasitoides, es su liberación en el campo para que las hembras busquen y parasiten a todos aquellos ciclorrafos complementando su ciclo de vida con la parasitación de pupas de mosca DOMÉSTICA, lo cual se espera contribuya a reducir las poblaciones de mosca DOMÉSTICA en el raquis de palma aceitera.

La dosis de parasitoides a liberar por tonelada de raquis aplicado en campo, se recomienda que sea de 50 cm³ de pupas parasitadas.

La liberación de los parasitoides debe realizarse en horas de la mañana y deben ser colocados en lugares frescos lejos del suelo por el ataque de hormigas y otros insectos entomófagos.

3.5.1. Objetivos

- Realizar ensayos de liberaciones de parasitoides
- Probar diferentes diseños y materiales para la liberación de los parasitoides en campo

3.5.2. Metodología

La metodología consistió en diferentes pruebas de materiales para la elaboración de sobres para la liberación de los parasitoides, se probaron tamaños y formas de los empaques así como también colocación de tenderos naturales e improvisados para la colocación de los sobres de parasitoides.

Las colocaciones se realizaron a las 8 horas buscando periodo frescos para la colocación de los sobres. Luego de colocados los sobres se monitorearon todos los días para ver el comportamiento de salida de los parasitoides de los sobres.

3.5.3. Resultados



Figura 34. Estilo de Liberación de parasitoides en campo 1



Figura 35. Estilo de liberación de parasitoides en campo 2



Figura 36. Estilo de liberación de parasitoides en campo 2.



Figura 37. Estilo de liberación de parasitoides en campo 3.

Se observó la salida de los parasitoides para analizar cuál era la mejor forma de liberación y el estilo de liberación de parasitoides 3 fue en donde se observó mejor escape de los mismos el cual consistía en un sobre de papel manila con apertura en la parte superior de enfrente con una cobertura de nylon transparente.



Figura 38. Aplicación de raquis alrededor de las palmas jóvenes en campo



Figura 39. Colocación de sobres con parasitoides en palmas jóvenes con raquis.

En la figura 39 se muestra la forma definitiva de liberación de parasitoides en la que mejor se logran escapar los mismos. Provee de protección al viento, lluvia y deja que los parasitoides puedan salir al campo definitivo.

3.6. FLUCTUACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL RAQUIS DE PALMA ACEITERA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN

El raquis del fruto de la palma luego de ser colocado en el área de acopio y se cubre con raquis este presenta diferentes cambios de temperatura. La temperatura es un factor importante en la descomposición y presencia de organismos sobre el raquis. Así mismo la degradación de los compuestos trazas que pueda tener el raquis se degradan más rápido cuando este tiene una tela plástica (nylon) en comparación cuando el raquis se encuentra al aire libre sin cobertura por el alza de la temperatura.

Durante la degradación del raquis de palma se necesita determinar si la temperatura varía en función del tiempo de descomposición del raquis para realizar pronósticos o inferencias del comportamiento de la degradación del mismo a lo largo del tiempo.

3.6.1. Objetivos

- Determinar la temperatura del raquis en las camas de acopio con cobertura
- Determinar si la temperatura varía en función de la edad de descomposición del raquis.

3.6.2. Metodología

A) Determinación de edades para el muestreo de la temperatura.

De acuerdo con los records de salida del raquis de la planta de procesamiento se determino que hasta la fecha se contaba con raquis de un tiempo de descomposición de aproximadamente 5 meses. Por lo que los muestreos de temperatura se dividieron en tres edades de descomposición del raquis: raquis de 0 meses, 3 meses y 5 meses.

B) Determinación de la posición para la toma de datos.

El raquis es depositado en camas lineares en forma triangular con un largo promedio de 55 metros de largo, 2 metros de altura y 4 metros de ancho. Por la disposición de las camas se tomo en cuenta 3 puntos de muestreo. Una toma de datos al inicio de la cama (A), una en el área media (B) y una al final de la cama (C), como se muestra a continuación:



Figura 40 . Ubicación de puntos de muestreo a lo largo de la cama de raquis

C) Determinación de la temperatura

La temperatura fue tomada con un termómetro infrarrojo con un diámetro de lectura de 12.5 cm a 1 metro de distancia. La toma de la lectura se realiza todos los días a las 7:30 am para evitar el sobrecalentamiento del raquis producido por el sol durante el día.

3.6.3. Resultados.

Se realizo el registro de fluctuación de temperatura durante un periodo de 15 días teniendo una idea del comportamiento de la temperatura a diferentes edades de descomposición del raquis. A continuación se presentan las graficas de fluctuación de temperatura por edad del raquis.

A) Comportamiento del Raquis de cero meses de descomposición.

Las temperaturas del raquis luego de ser deposita en el área de acopio presentan una fluctuación cambiante que oscilaba entre los 20 y 50 °C, con una media de temperatura de 36.92 °C. Las variaciones de temperatura al momento de la medición varían en función de la temperatura con la que sale de la planta de proceso ya que la fruta es desprendida del raquis con vapor de agua. Un muestreo de raquis tomada justo al salir de la banda transportadora indico que en promedio sale con una temperatura de 60°C a los camiones transportadores.

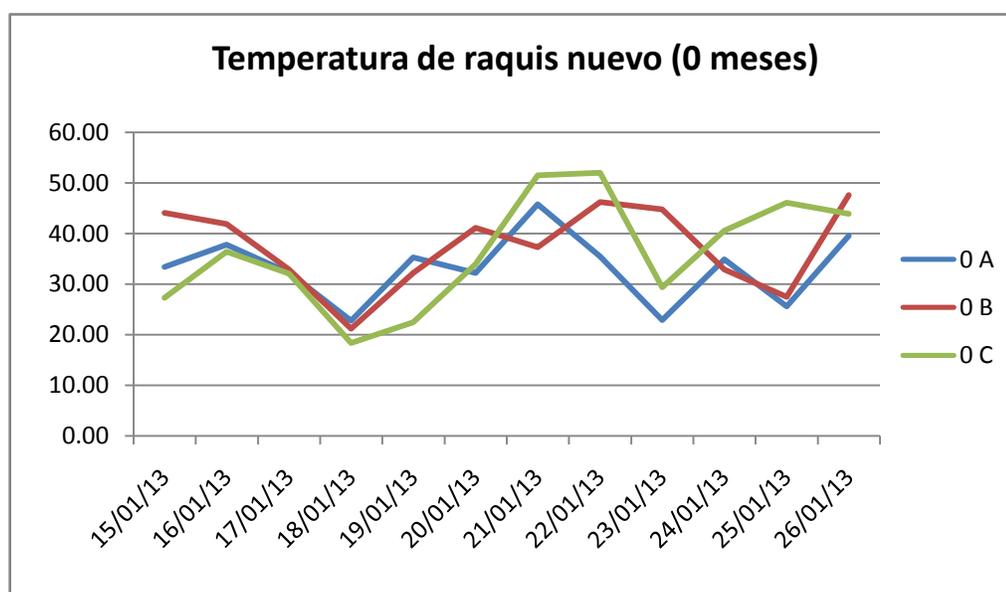


Figura No 41. Comportamiento de la temperatura en raquis de cero meses de descomposición.

B) Comportamiento del raquis de 3 meses de descomposición.

El raquis de 3 meses de descomposición presento una variante de temperatura entre 40 y 70 °C, con una media en la temperatura de 47.19 °C. En comparación con el raquis que sale de la planta de proceso este presenta una diferencia de 10 °C esto debido a la

descomposición del raquis y la acumulación de gases producto de la fermentación del desecho.

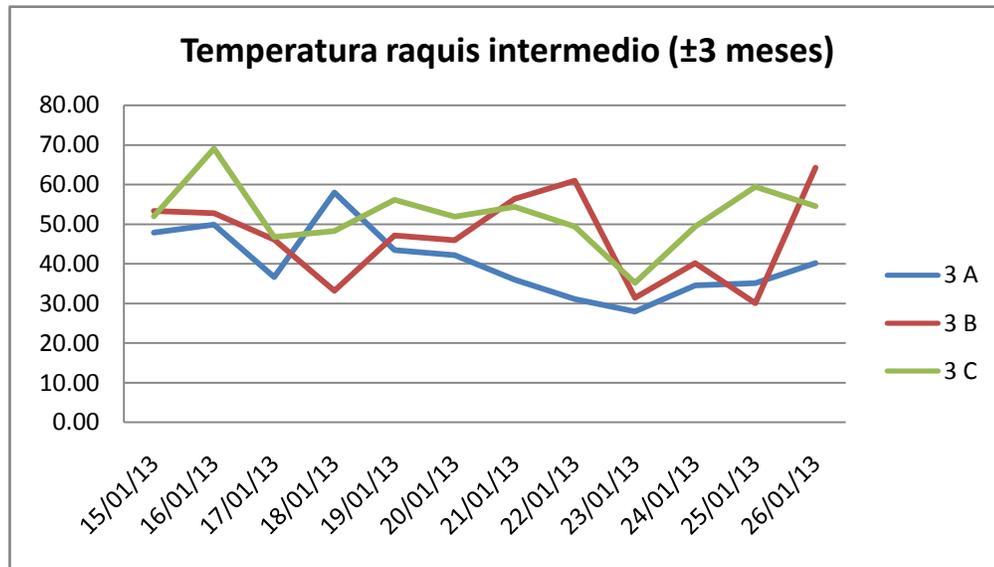


Figura No 42. Comportamiento de la temperatura en raquis de 3 meses de descomposición.

C) Comportamiento del raquis de 5 meses de descomposición.

De acuerdo al muestreo de temperatura el raquis con mayor edad que en este caso en particular es de 5 meses de edad en cuanto a descomposición, presento un rango de temperatura entre 20 y 70 °C, con un promedio de 49.91 °C. El comportamiento de este raquis denota una inestabilidad en la temperatura ya que hay una diferencia de 50 grados entre puntos de la misma cama de evaluación, esto debido al grado de descomposición del raquis donde ya ha pasado la fase termófila de toda descomposición orgánica.

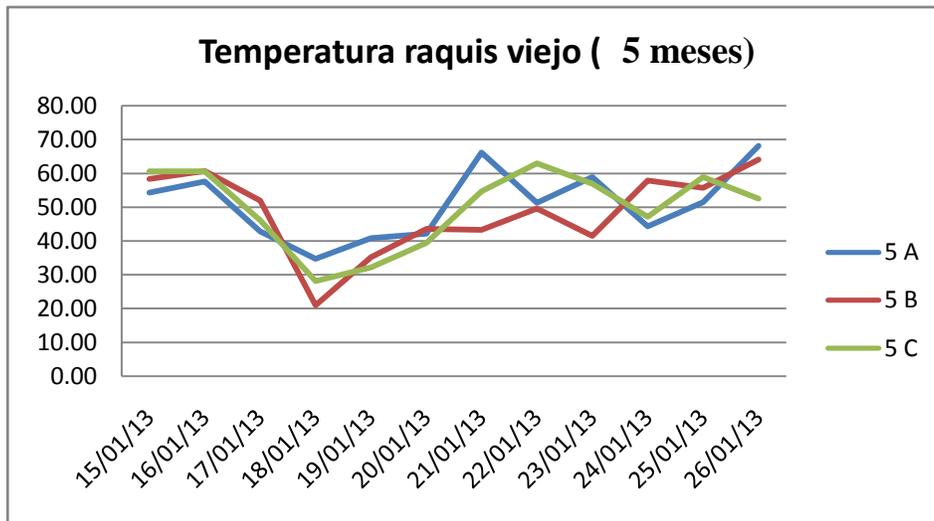


Figura No 43. Comportamiento de la temperatura en raquis de 5 meses de descomposición.

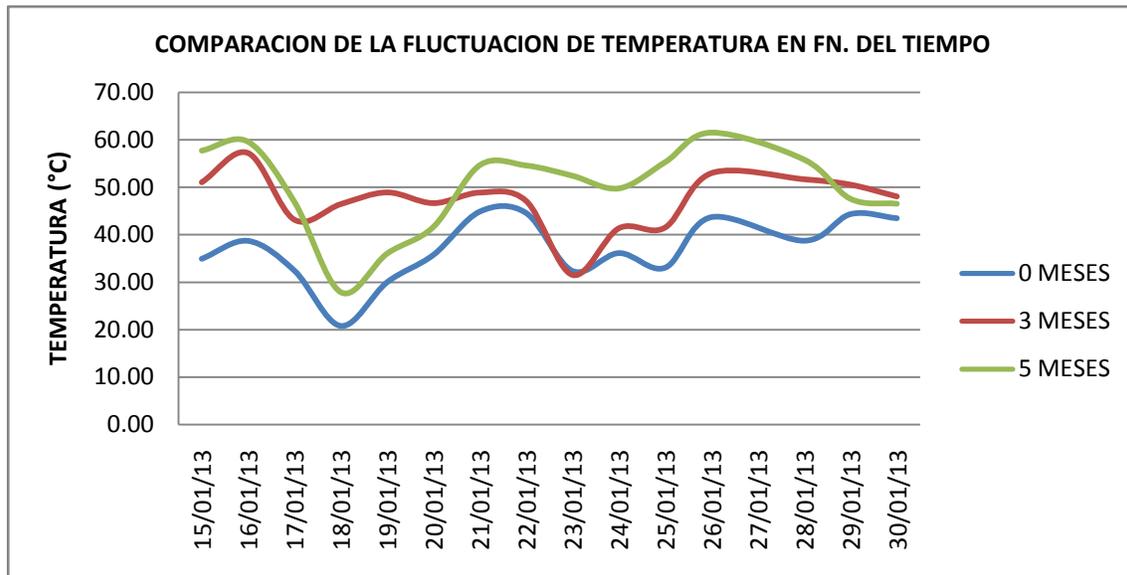


Grafico No 44. Fluctuación de temperatura en fn. Del tiempo de descomposición del raquis.

El comportamiento de la temperatura en raquis de 0 y 5 meses tiene cierto patrón de igualdad con diferencia entre curvas de 10 grados pero presenta cierto comportamiento comparado al raquis sin descomponer. La relación de esta simetría aparente de las curvas refleja una disminución en la actividad de microorganismos y de los proceso de descomposición, fermentación y degradación del raquis. En cuanto al comportamiento del raquis de 5 meses denota un aumento de la temperatura por encontrarse en la etapa llamada termófila donde los microorganismos elevan la temperatura aunado a los proceso de fermentación tanto aeróbica como anaeróbica.

3.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Agriculture and Agrifood Canada, Research Branch, CA. s.f. Biological control of livestock insects pest, biocontrol agents of stable fly and house fly; parasitic wasp (en línea). Canadá. 3p. consultado 20 oct del 2012. Disponible en: <http://www.res2.agr.call.ethbridge/scitech/kdf/bioagent.htm>
2. Aguirre. SL. 2002. Ficha técnica de la harina de palmiste (en línea). Vizcaya, España, AguirreAgro. 2 p. Consultado 2 mayo 2013. Disponible en <http://www.aguirreagro.com/es/productos/de-importacion-directa/torta-de-palmiste>
3. André, G. 2006. Mosca doméstica, biología y características (en línea). Argentina. Consultado 16 set 2012. Disponible en <http://www.cfi-plagas.com.ar/moscas.htm>
4. Axtell, RC. 1991. Fly control in confined livestock and poultry production. US, CIBA-GEYGY. 38(1):45-49,59.
5. Bach, P De. 1968. Control biológico de plagas de insectos y malas hierbas. México, continental. 575 p.
6. Camacho, V. 1999. Parasitoides de mosca. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología. p. 14-20.
7. Cassasola, A. 2000. Uso de parasitoides para el control de mosca común. Guatemala, Bioagroservicios. p 14.
8. Crespo, D.C. 1999. Laboratorios de mosca doméstica. Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (en línea). 3 p. consultado 18 set del 2012. Disponible en: <http://www.cnia.inta.gob.ar/civcya/imyza/amip/lmd.html>
9. Dal Bello, G. 2001; Laboratory evaluation of chemical-biological control of rice weevil in stored grains. Journal of Store Products Research 37:77-84.
10. Estrada, RE. 1991. Control microbiano. *In* curso de control biológico. Xalapa, Veracruz, México, Universidad de América Latina. 15 p. (correspondencia personal). Guatemala, Agrícola El Sol.
11. Falcon, CA; Smith RF. 1974. Manual de control integrado del algodonoero. Roma, FAO. 87 p.
12. González, JB. 1971. Estudio sobre la aplicación de la técnica de machos estériles en el control de la mosca sudamericana de fruta *Anastrepha fraterculus*. Rev Per. Entomol. 14: 66-86.
13. Hernández Dávila, AG. 1991. Sanidad vegetal y su importancia en la agricultura. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. P 217.

14. Ianacone, J; Chauca, J; Carrion, C. 1994. Prevalencia de parásitos púpales *Spalangia endius* y *Muscidufurax* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae) en la mosca doméstica en una zona urbana del Callao, Lima Perú. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas "Antonio Raimondi". 1 p. Consultado 15 mayo 2013. Disponible en <http://www.unmsm.edu.pe/biologia/investigacion/c4r39.html>
15. Nicholls, CI; Altieri, MA. 1994. Control Biológico en agro ecosistemas mediante el manejo de insectos entomófagos. Revista CLADES no. 11-12. 3 p. Consultado 15 mayo 2013. Disponible en: <http://www.clades.cl/revistas/1112/rev11agro1.htm>
16. Pascual Villatoro, LF. 1988. Diagnóstico general de la Aldea las Trojes, Amatitlán. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 30.
17. Richard, J. 1971. Fundamentos de entomología. Kansas, US, Universidad del estado de Kansas. p. 236-237, 288-289.
18. Vergara, R; Jiménez V, J. 1993. Manejo integrado de moscas comunes (MIMC) en explotaciones pecuarias y salud pública con énfasis en control biológico. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). p. 347-359.