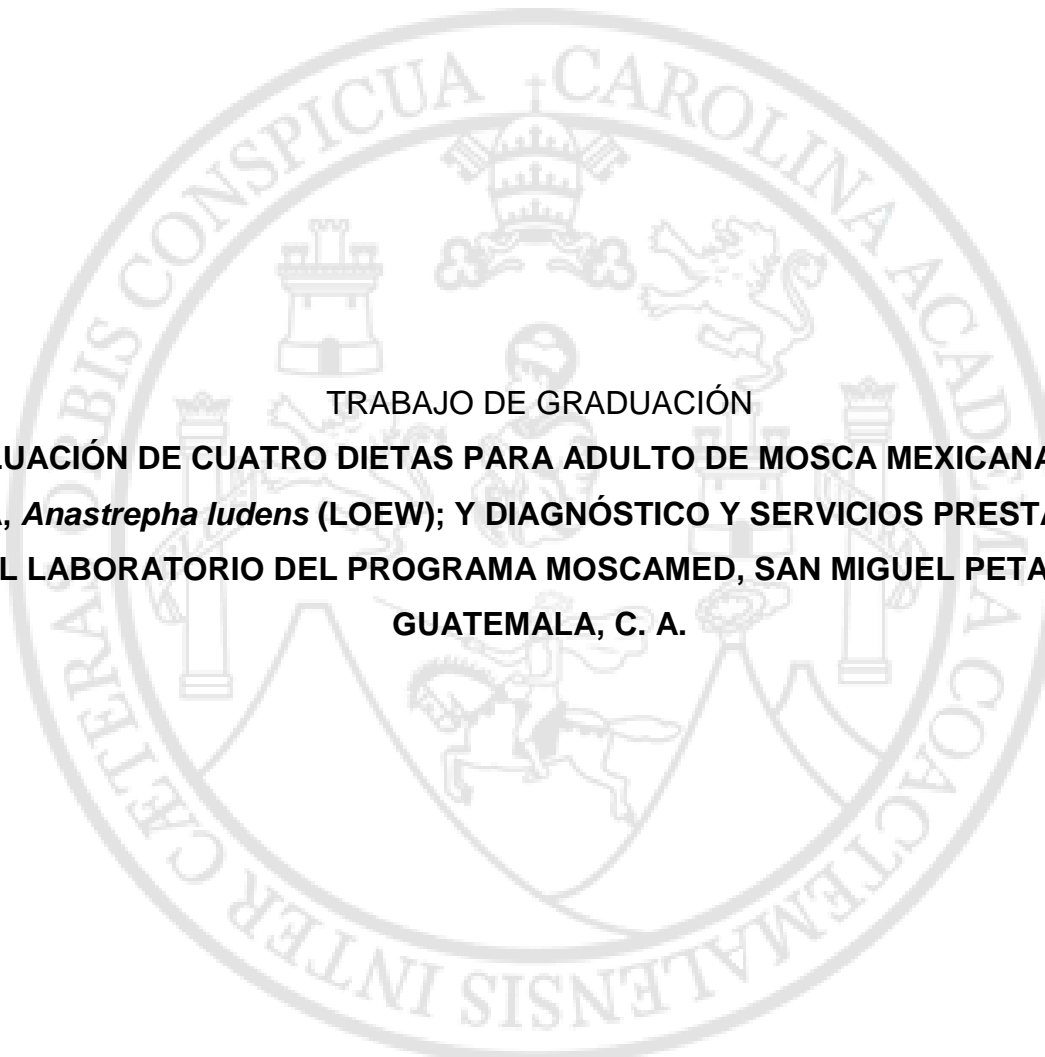


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN
**EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA
FRUTA, *Anastrepha ludens* (LOEW); Y DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN
EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA,
GUATEMALA, C. A.**

GUSTAVO ADOLFO VELASQUEZ CRUZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, *Anastrepha ludens* (LOEW); Y DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, 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 VELASQUEZ CRUZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr., M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr., M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P. Contador Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, octubre de 2017

Guatemala, octubre de 2017

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: **“Evaluación de cuatro dietas para adulto de mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* (Loew); y diagnóstico y servicios prestados en el laboratorio del programa Moscamed. San Miguel Petapa, Guatemala C.A.”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Gustavo Adolfo Velasquez Cruz

Carnet: 201112257

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por todo cuanto soy se lo debo a Él.

A MIS PADRES

Porque esto representa más un fruto de su esfuerzo que del mío.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A mi familia.

Por ser el primer ingeniero agrónomo, esperando no ser el único que se desenvuelva en esta grata y noble profesión.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda persona que de manera directa o indirecta ha estado presente en la culminación de este proceso; de manera especial:

A DIOS

Por acompañarme hasta el final de esta etapa (Josué 1:9).

A MI FAMILIA

Marcela Cruz, Aníbal Velasquez y Luis Velasquez.

Por darme la oportunidad y el apoyo para poder recibir estudios universitarios aun cuando ellos no tuvieron la oportunidad de recibirlos.

A MIS BUENOS AMIGOS

Ronaldo Villanueva, Irving Escobar y Bernabé Godínez, Antonieta Corado, Néelson Pérez, Stevens Surec.

Por su apoyo y amistad.

A MIS ASESORES DE EPS Y COMPAÑEROS DEL PROGRAMA MOSCAMED

Ing. Marino Barrientos, Dr. Álvaro Hernández, Inga. Agr. Alicia Aldana, Ing. Agr. Miguel López, Dr. Pedro Rendón, Ing. Agr. Aníbal Martínez,

Por permitirme realizar mis prácticas en dicho lugar y brindarme su apoyo durante el proceso.

ÍNDICE GENERAL

Título	Página
Capítulo 1. Diagnóstico de la producción de mosca mexicana de la fruta (<i>Anastrepha ludens</i> Loew) en el laboratorio de cría y liberación del Programa Moscamed, San Miguel Petapa, Guatemala, C.A.	1
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 General.....	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 Marco Referencial.....	4
1.4.1 Programa Moscamed	4
1.4.2 Ubicación geográfica del laboratorio.....	4
1.4.3 Identificación de las áreas de trabajo	6
1.5 Metodología.....	7
1.6 Resultados.....	8
1.6.1 Observación y Análisis de los Procesos de Producción.	8
A. Reconocimiento de las Instalaciones y las Distintas Áreas de Trabajo	8
1.6.2 Identificación de ventajas y limitantes para el desarrollo de actividades	9
A. Análisis FODA	9
1.6.3 Propuestas	14
A. Para el fortalecimiento del laboratorio en sus procesos productivos	14
B. Servicios e investigación en el EPS.....	16
1.7 Conclusiones	17
1.8 Recomendaciones.....	18
1.9 Bibliografía.....	18
Capítulo 2. Investigación: Evaluación de cuatro dietas para adulto de mosca mexicana de la fruta, <i>Anastrepha ludens</i> (Loew) en el laboratorio del Programa Moscamed, San Miguel Petapa, Guatemala, C.A.	21
2.1 Presentación.....	22
2.2 Marco Teórico.....	23
2.2.1 Marco conceptual	23
A. Alimentación para cría de <i>A. ludens</i> en laboratorio	23
B. Propiedades nutricionales del germen de trigo.....	26
C. Propiedades nutricionales de proteína comercial Lallemand e ICN	27
2.2.2 Marco referencial	29
A. Ubicación geográfica del laboratorio:.....	29
B. Procesos de producción de la mosca mexicana de la fruta.....	29
C. Incremento.....	29
D. Burbujeo	31

	Página
E. Siembra de huevecillo	33
F. Maduración larval	35
G. Control de calidad en la producción de <i>A. ludens</i>	36
2.3 Objetivos	37
2.3.1 Objetivo General	37
2.3.2 Objetivos Específicos	37
2.4 Metodología.....	37
2.4.1 Diseño de tratamientos	37
2.4.2 Unidad experimental	38
2.4.3 Diseño experimental y aleatorización.....	39
2.4.4 Manejo del experimento	40
2.4.5 Variables evaluadas	42
2.4.6 Análisis de los resultados.....	46
A. Modelo estadístico	46
B. Análisis de varianza y post-varianza.	47
C. Materiales empleados	47
2.4.7 Cronograma de alimentación y oviposición.....	49
2.5 Resultados Y Discusión	50
2.5.1 Análisis de la cantidad y calidad de la producción según la dieta evaluada.....	50
A. Cantidad de huevo producido por jaula.....	50
B. Variables de calidad de la producción.....	56
C. Discusión general.....	61
2.5.2 Análisis comparativo de costos	63
2.6 Conclusiones.....	64
2.7 Recomendaciones.....	65
2.8 Bibliografía	66
Capítulo 3. Servicios presentados al laboratorio Moscamed.....	69
3.1 Presentación	70
3.2 Diseño e implementación de un sistema automático de colecta de huevo de mosca mexicana de la fruta.....	71
3.2.1 Objetivos	71
3.2.2 Metodología.....	71
3.2.3 Resultados	73
3.2.4 Evaluación.....	78
3.3 Evaluación de cinco tipos de jaulas de oviposición para mosca mexicana de la fruta.	79
3.3.1 Objetivos	79
3.3.2 Metodología.....	79
3.3.3 Resultados	81
3.3.4 Evaluación.....	85

	Página
3.4 Servicios no planificados	86
3.4.1 Inoculación de patógeno desconocido en dieta larval de <i>A. ludens</i>	86
A. Objetivos.....	86
B. Metodología	86
C. Resultados.....	87
D. Evaluación	90
3.4.2 Aislamiento de microorganismos en dietas larvales	90
A. Objetivos.....	90
B. Metodología	91
C. Resultados.....	91
D. Evaluación	93
3.5 Bibliografía.....	93
3.6 Anexos.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Ubicación del laboratorio Moscamed, San Miguel Petapa, 2015.	5
Figura 2. Croquis general y representativo de Moscamed en San Miguel Petapa, Guatemala.....	6
Figura 3. Diagrama de los principales procesos en la producción de <i>A. ludens</i> en laboratorio, SMP 2015.....	8
Figura 4. Listado de las principales fortalezas en la producción de <i>A. ludens</i>	11
Figura 5. Listado de las principales debilidades en la producción de <i>A. ludens</i>	13
Figura 6. Gráfica de proporción de insumos en dieta sin germen de trigo, San Miguel Petapa 2015.	26
Figura 7. Diagrama de los procesos de producción de <i>A. ludens</i> en laboratorio, San Miguel Petapa, 2015.	29
Figura 8. Ordenamiento de jaulas en salas de incremento en colonia, San Miguel Petapa, 2015.....	30
Figura 9. Recipientes con huevecillo y con incorporación de dispositivos de burbujeo para pequeña escala, San Miguel Petapa, 2015.....	32
Figura 10. Recipientes con huevecillo y con sistema de burbujeo para volúmenes grandes, San Miguel Petapa, 2015.	33
Figura 11. Bandejas con dieta larval antes de ser sembradas con huevecillo de mosca de <i>A. ludens</i> , San Miguel Petapa, 2015.....	34
Figura 12. Bandeja con dieta larval en el sistema de tolva automática, San Miguel Petapa, 2015.....	34
Figura 13. Torre de bandejas “sembradas” y listas para ser trasladadas a las salas de maduración larval, San Miguel Petapa, 2015.....	35
Figura 14. Larvas en la etapa final de maduración (L5).	36
Figura 15. Croquis y distribución de los tratamientos.....	39
Figura 16. Máquina de separado de larva de la dieta.. B: Larva recuperada en un recipiente San Miguel Petapa, 2015.....	42
Figura 17. Jaula de reproducción en cría, San Miguel Petapa, 2016.	43
Figura 18. Muestra de caja petrí para la determinación de la viabilidad del huevo antes de la siembra San Miguel Petapa, 2015.	44
Figura 19. Huevo vano, en muestras de viabilidad de huevo bajo microscopio San Miguel Petapa, 2015.	44
Figura 20. Alineación de huevos para determinación de porcentaje del porcentaje de eclosión a 48 horas.	45
Figura 21. Gráfica de clasificación de los tratamientos según el huevo promedio (ml) durante un ciclo de oviposición por jaula.	52
Figura 22. Carrete de fotos de la alimentación de las moscas con fuente proteica Lallemand; con y sin germen de trigo, durante la etapa de oviposición San Miguel Petapa 2015.	53
Figura 23. Carrete de fotos de la alimentación de las moscas con fuente proteica ICN; con y sin germen de trigo, durante la etapa de oviposición San Miguel Petapa 2015.	54

Página

Figura 24. Sistema automático de colecta de huevo de <i>A. ludens</i> en la sala de oviposición (vista de planta).	73
Figura 25. Vista de perfil del sistema automático de colecta de huevo de <i>A. ludens</i> en tres hileras de jaulas.	74
Figura 26. Jaulas sin sistema de colecta automática de huevo.	75
Figura 27. Hilera con sistema automático de colecta de huevo de <i>A. ludens</i>	76
Figura 28. Manguera conductora al emisor de agua.	77
Figura 29. Emisor de agua irrigando los paneles de oviposición.	77
Figura 30. Boceto de la jaula de 12" de ancho.	81
Figura 31. Tipos de jaulas para producción de huevo de <i>A. ludens</i>	82
Figura 32. Producción de huevos por hembra por repetición.	83
Figura 33. Promedio de porcentaje de eclosión de huevo en las jaulas evaluadas en sus tres repeticiones.	84
Figura 34. Cajas petrí con dieta larval para determinación de fuente de inóculo.	88
Figura 35. Área de lavado de bandejas y bandejas en reposo después de lavadas	89
Figura 36. Dieta larval con microorganismos en medios de cultivo.	91
Figura 37. Dieta larval en medios de cultivo después de cuatro días de incubación.	92
Figura 38. Colonia bacteriana de microorganismo desconocido.	92
Figura 39A. Integrante del personal del laboratorio microbiológico de la FAUSAC, aislando las muestras de dieta larval.	94

ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Matriz de análisis FODA de los procesos productivos de <i>A. ludens</i>	10
Cuadro 2. Contenido nutricional de proteína Lallemand FNI 105 e ICN en (mg/100g).....	28
Cuadro 3. Composición química del germen de trigo (g/kg).....	31
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos, San Miguel Petapa, 2015.	38
Cuadro 5. Cronología de actividades realizadas en cada repetición, San Miguel Petapa 2015.....	49
Cuadro 6. Cantidad de huevo producido por jaula.	50
Cuadro 7. Promedio de cantidad de huevo producido/jaula por factor.	50
Cuadro 8. Análisis de varianza para la producción de huevo por día.....	51
Cuadro 9. Comparación de medias, con la interpretación Tukey para fuente de proteína.....	51
Cuadro 10. Comparación de medias, con la prueba Tukey para suplemento adicional de germen de trigo.....	51
Cuadro 11. Porcentaje de eclosión 48 horas después de la colecta.	56
Cuadro 12. Promedio de porcentaje de eclosión 48 horas después de colecta por factor.....	56
Cuadro 13. Análisis de varianza del porcentaje de eclosión a las 48 horas después de la colecta de huevo.	57
Cuadro 14. Porcentaje de huevo viable.....	58
Cuadro 15. Promedio de viabilidad de huevo por cada factor.	58
Cuadro 16. Análisis de varianza de la viabilidad de huevo de <i>A. ludens</i>	58
Cuadro 17. Peso de larva en miligramos.....	59
Cuadro 18. Promedio del peso de larva por factor.	60
Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de larva.....	60
Cuadro 20. Comparación de medias, con la prueba Tukey para el suplemento de germen de trigo.....	60
Cuadro 21. Clasificación de tratamientos y comparación entre costos.	63
Cuadro 22. Tiempos de colecta de huevo con el sistema automático de colecta y el sistema manual.	78
Cuadro 23. Jaulas evaluadas y cantidad de moscas utilizadas.....	80
Cuadro 24. Producción en ml. de huevos por hembra según el tipo de jaula empleado.	82
Cuadro 25. Análisis de la producción del volumen de huevos por hembra	83

RESUMEN

El presente informe contiene las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- realizado en laboratorio del programa Moscamed durante el período comprendido entre febrero y noviembre de 2015.

Este documento está dividido en tres capítulos. El primero corresponde a un diagnóstico de los diferentes procesos de producción de la mosca mexicana de la fruta. El estudio concluyó que era necesario darle seguimiento a la implementación de un sistema de colecta automática que permitiera la recolección del volumen de huevo ovipositado y la evaluación de múltiples diseños de jaulas que permitiera definir una línea base para la elaboración de una nueva jaula de oviposición.

El segundo capítulo corresponde a la investigación, la cual consistió en una evaluación de cuatro dietas para adulto de mosca mexicana de la fruta, que mantuviera o superara a los estándares de cantidad y calidad que manejaba el laboratorio, utilizando dos marcas comerciales de proteína y una fuente adicional de ácidos grasos con germen de trigo como complemento de la dieta. Los resultados muestran que la dieta con proteína comercial Lallemand sin la fuente adicional de ácidos grasos del germen de trigo obtuvo los mejores resultados en cantidad de huevo y mantuvo los estándares de calidad establecidos por la dirección del laboratorio Moscamed.

Esto les permitiría tomar decisiones en cuanto a la adquisición de insumos para la elaboración de las dietas para adulto de *A. ludens*, basándose en el beneficio que se obtendría.

La tercera y última parte corresponde a los servicios prestados al laboratorio del programa Moscamed, los cuales incluyen el seguimiento en la implementación de un sistema de colecta de huevo automático en el área de incremento de colonia, la evaluación de múltiples jaulas que permitiera definir las características necesarias para la elaboración de una jaula nueva, además se definieron actividades de manera emergente debido a

problemas que surgieron en la producción de la mosca mexicana de la fruta durante la realización de la práctica supervisada en el laboratorio.

**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA
Anastrepha ludens (Loew) EN EL LABORATORIO DE CRÍA Y LIBERACIÓN DEL
PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, C.A.**

1.1 Introducción

El “Laboratorio de cría y liberación de mosca mexicana de la fruta y parasitoides” de Moscamed¹ es parte del programa tripartito conformado por los países de Estados Unidos, México y Guatemala, para evitar el avance y crecimiento de las poblaciones de mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) y mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann) hacia los territorios frutícolas del norte de América (Aphis, 2017).

Moscamed tiene dos laboratorios, uno ubicado en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala, que se encarga de la producción de *A. ludens* y otro en Barberena, Santa Rosa, que se encarga de la producción de *C. capitata*. El primero, en donde se realizó el presente diagnóstico, se encarga de la producción de *A. ludens* estéril como parte del control autocida del programa Moscamed y a su vez se desarrollan tecnologías productivas que ayudan a que los procesos se realicen de manera más eficiente, sin embargo, la producción de parasitoides se encuentra actualmente suspendida (Moscamed, 2017).

La dirección cuenta con diferentes puntos de investigación que van surgiendo en el desarrollo de las actividades del laboratorio, dichos puntos muchas veces no son desarrollados por carencia de personal o bien por limitaciones de tiempo por parte de la dirección y su equipo de trabajo. Si bien muchos de los puntos de investigación a desarrollar ya están dados por la dirección, hay algunas debilidades que surgen después de un análisis FODA de las distintas áreas de trabajo que conforman el proceso productivo de mosca mexicana de la fruta.

Por lo tanto el siguiente escrito enmarca las posibles amenazas y debilidades, así como las fortalezas y oportunidades del proceso productivo de *A. ludens*, que permita su seguimiento mediante la investigación científica o bien un análisis más detallado por parte de la dirección del laboratorio

¹ Con el fin de facilitar la redacción del documento, de ahora en adelante se tomará al “laboratorio de cría y liberación de mosca mexicana de la fruta y parasitoides” como “Laboratorio Moscamed”.

1.2 Justificación

La elaboración de un diagnóstico permite obtener una perspectiva más amplia de la situación actual de la institución, sus procesos y actividades, y caracterizar de manera más detallada las problemáticas que tengan o puedan presentar en el desarrollo de la producción de la mosca mexicana de la fruta (Romagnoli, 2007)

En otras palabras, la elaboración del diagnóstico permite: 1) identificar potencialidades y limitaciones de los procesos productivos de *A. ludens*; 2) permite orientar las actividades del ejercicio profesional supervisado (EPS) en la dirección que más convenga; y 3) sirve como fundamento en la realización de los diferentes temas de investigación que posea el laboratorio (Yac, 2015).

Aun cuando la dirección del laboratorio Moscamed tenía bien definidas las flaquezas que se presentaban en los diferentes procesos de la producción de moscas, el siguiente diagnóstico permite obtener un panorama más amplio de la situación del laboratorio y sus procesos a inicios del año 2015.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- a. Conocer los procesos productivos del “laboratorio de cría y liberación de la mosca mexicana de la fruta” del programa Moscamed, San Miguel Petapa.

1.3.2 Específicos

- a) Identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que presenta el proceso de producción de *A. ludens* del laboratorio Moscamed.

1.4 Marco Referencial

1.4.1 Programa Moscamed

En Guatemala el programa Moscamed tiene sus inicios en el año 1972, comenzando sus operaciones en el departamento de Jutiapa produciendo mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann) estéril y forma parte del esfuerzo entre México y Estados Unidos para controlar su avance hacia el territorio mexicano, sin embargo, se reporta oficialmente la presencia de *C. capitata* en México en el año 1975 (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Como parte de los esfuerzos para controlar a la mosca del mediterráneo, Moscamed inaugura en el año 1998 la planta de producción de *C. capitata*, ubicada en el departamento de Santa Rosa, Guatemala, y en la actualidad se considera la planta más grande de producción de mosca estéril del mundo (Rendón, 2015).

Posteriormente nace el primer laboratorio de cría y liberación de mosca mexicana de la fruta y parasitoides en Guatemala, en el municipio de San Miguel Petapa en el año 2006, proveyendo moscas macho estériles para el control autocida de *A. ludens* que se lleva a cabo en el territorio de los Estados Unidos (Jerónimo, 2015).

1.4.2 Ubicación geográfica del laboratorio

La figura 1 muestra la imagen satelital del laboratorio Moscamed, ubicado en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala, C.A. con las siguientes coordenadas geográficas: latitud 14°30'13.2" Norte, longitud 90°33'52.5" Oeste.

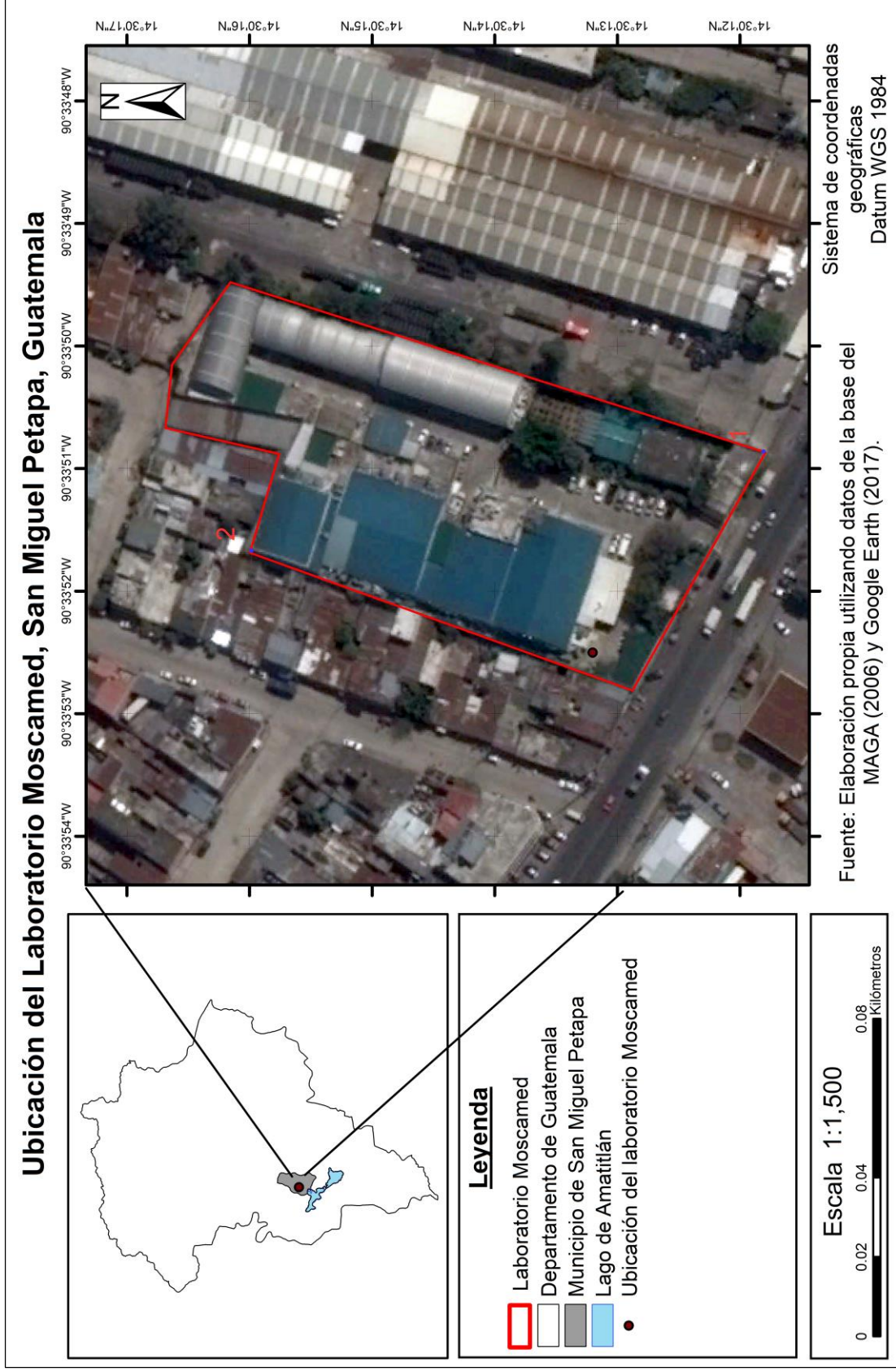


Figura 1. Ubicación del laboratorio Moscamed, San Miguel Petapa, 2015.

1.4.3 Identificación de las áreas de trabajo

En los recorridos del laboratorio se elaboró un croquis de la infraestructura del laboratorio, en este se muestran las distintas áreas en las que se compone el proceso productivo de *A. ludens* (figura 2).

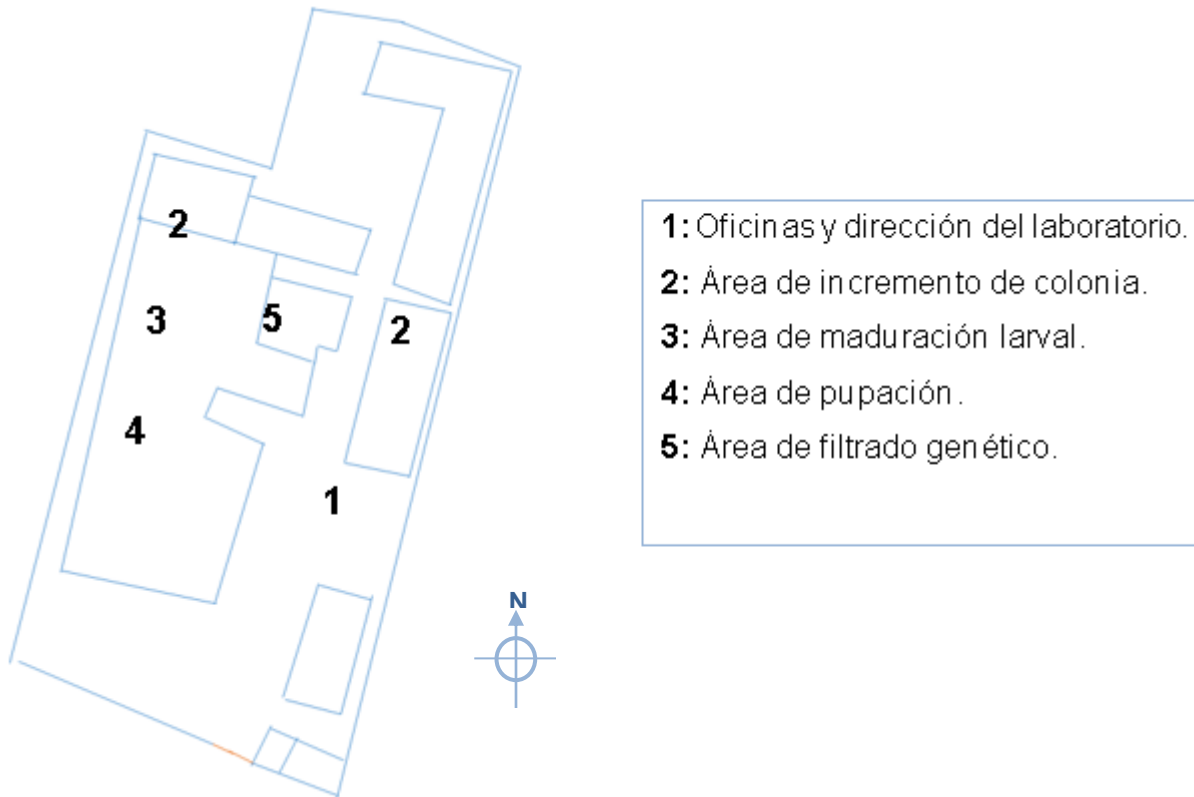


Figura 2. Croquis general y representativo de Moscamed en San Miguel Petapa, Guatemala.

- 1) Oficinas y dirección del laboratorio: En esta área se encuentran ubicadas las oficinas de la dirección del laboratorio, salas de junta y la recepción.
- 2) Área de incremento de colonia: En esta área se llevan a cabo las actividades de oviposición en jaulas para adultos de *A. ludens*, colecta de huevo, elaboración de dietas para adulto de mosca mexicana, e incremento de la colonia² de las diferentes cepas de mosca y parasitoides.

² Incremento de colonia; También denominado internamente como oviposición, es el área designada en el

- 3) Área de maduración larval: En esta área se lleva a cabo la siembra de huevo en dieta larval, el desarrollo de la larva de *A. ludens* en sus diferentes instares larvales y la separación mecánica del medio que la contiene.
- 4) Área de pupación: En esta área se comprende la maduración de la mosca mexicana de la fruta en su estado de pupa y se destina la pupa para los procesos de: irradiación y envío de material biológico a Estados Unidos y pupa para la utilización en jaulas de incremento de colonia.
- 5) Área de filtrado genético: esta área comprende la separación y purificación de las diferentes cepas que maneja el laboratorio, en donde se eliminan y manejan los individuos genéticos recombinantes.

1.5 Metodología

i. Para la observación y análisis de los distintos procesos de la planta:

- ✓ Se entablaron diálogos directos con los supervisores encargados y gerentes de producción.
- ✓ Se hicieron observaciones y anotaciones importantes sobre cada uno de los procesos y croquis de la ubicación de cada área de trabajo.
- ✓ Solicitando a gerencia un croquis detallado de la ubicación de cada área de trabajo.

ii. Jerarquizando las fortalezas y debilidades de la producción de moscas:

- ✓ Consultando la opinión de la gerencia de producción se pudo obtener una jerarquización tanto de potencialidades como de debilidades dentro de los distintos procesos de producción de moscas del mediterráneo.
- ✓ Mediante la información recopilada, observaciones minuciosas y la dirección de los gerentes administrativos, se construyó el análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la producción de moscas del mediterráneo en la Planta Moscamed Petapa.

1.6 Resultados

1.6.1 Observación y Análisis de los Procesos de Producción.

A. Reconocimiento de las Instalaciones y las Distintas Áreas de Trabajo

La Figura 3 muestra cómo se componen todos los procesos productivos del laboratorio de cría de mosca mexicana de la fruta. Se puede observar que todos los procesos de producción de mosca tienen un comportamiento cíclico, sin embargo existe una salida la cual parte del proceso de pupación y es el proceso de irradiación para la inducción de esterilidad sexual en las moscas y posteriormente liberarse en campo, ya sea en el territorio guatemalteco o en el extranjero.



Figura 3. Diagrama de los principales procesos en la producción de *A. ludens* en laboratorio, SMP 2015.

Todas las áreas de trabajo en el laboratorio dependen de un área para la verificación de la calidad del producto que se obtiene en cada una, esta área se le denomina control de calidad, y la función de esta es el brindar resultados técnicos y específicos de cada producto o proceso.

Cada área tiene un supervisor a cargo de las actividades que ellas se llevan a cabo, y coordina cada una de las labores y actividades para que la producción de *A. ludens* pueda llevarse a cabo de la mejor manera posible. Cada área tiene una cantidad definida de

operativos que desempeñan funciones específicas en la producción y por lo general tienen gran capacidad y experiencia en la labor que realizan.

1.6.2 Identificación de ventajas y limitantes para el desarrollo de actividades

A. Análisis FODA

En el cuadro 1 se puede observar la matriz del análisis FODA del equipo técnico para la aplicación de la medida de restitución material en la modalidad de inversión productiva. Las Fortalezas, Oportunidades, Amenazas y Debilidades que se identificaron a lo largo de los análisis se describen a continuación.

➤ Listado de Fortalezas

- **Procesos y procedimientos bien definidos:** Los colaboradores tienen bien definidas las actividades y los procesos que desempeñan.
- **Personal con mucha experiencia en las distintas áreas de trabajo:** El laboratorio cuenta con personal con más de 10 años de experiencia en la producción de *A. ludens* e incluso algunos poseen experiencia en la producción de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*).
- **Área de trabajo con apertura para realizar propuestas de acciones.** Las opiniones y recomendaciones de los colaboradores son tomadas muy en cuenta por la dirección y promover la confianza entre los colaboradores.
- **Disponibilidad de recursos para el trabajo.** El personal cuenta con los recursos necesarios para desempeñar la labor que se le tiene asignada.

Cuadro 1. Matriz de análisis FODA de los procesos productivos de *A. ludens*.

Factores internos	
<p><u>Fortalezas (F)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Procesos y procedimientos bien definidos. 2. Personal con mucha experiencia en las distintas áreas de trabajo 3. Área de trabajo con apertura para realizar propuestas de acciones. 4. Disponibilidad de recursos para el trabajo. 	<p><u>Debilidades (D)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Información sin digitar debido a carencia de personal para dicha actividad. 2. Equipo técnico sin formación en entomología, administración de personal, tiempos y movimientos y análisis de la información. 3. Carencia de presupuesto y equipo investigativo.
<p><u>Oportunidades (O)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Retroalimentación de otros laboratorios de producción de moscas de la fruta en Guatemala. 2. Participación de estudiantes practicantes para elaboración de investigación y digitación de la información en físico. 	<p><u>Alternativas o estrategias F-O</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fortalecer la formación técnica del equipo de trabajo a través de capacitaciones (F1, O2, O3).
<p><u>Amenazas (A)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limitaciones de presupuesto. 2. Programa de provisión y envío de moscas estériles al extranjero muy dinámico. 3. Dependencia de otros centros de trabajo. 	<p><u>Alternativas o estrategias O-F</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Continuar con la mejora de los procesos de producción aprovechando que existen recursos disponibles y voluntad para ello (D2 y D3 => O1, O2, F2, F3, F4). ✓ Capacitar al equipo técnico en temas de estadística, entomología y tiempos y movimientos o bien contratar consultores para realizar los estudios correspondientes (D2 => O2).
<p style="text-align: center;">Factores externos</p>	<p><u>Alternativas o estrategias O-F</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Motivar y fomentar la sinergia entre los colaboradores para cumplir con actividades productiva (A2, D2 => O1, O2). ✓ Crear un ambiente laboral sano y cómodo para que los colaboradores se sientan motivados.

La figura 4 muestra la jerarquización de fortalezas, y se le atribuye la fortaleza más importante al personal con mucha experiencia en las distintas áreas de trabajo, permitiendo un mayor control de los procesos que se llevan a cabo, además de generar confianza ante la dirección del laboratorio para delegar cualquier actividad que se les asigne (Aldana, 2015).



Figura 4. Listado de las principales fortalezas en la producción de *A. ludens*.

➤ **Listado de oportunidades**

Entre las principales oportunidades identificadas están:

- **Retroalimentación de otros laboratorios de producción de moscas de la fruta en Guatemala:** Todos los laboratorios que pertenecen al programa Moscamed o forman parte del programa internacional para el control de la mosca del mediterráneo comparten las tecnologías productivas que ellos investigan.
- **Participación de estudiantes practicantes para elaboración de investigación y digitación de la información en físico.**

➤ **Listado de debilidades**

Como primer y principal debilidad en la figura 5 se tiene la información acumulada de producción sin digitar, sin la cual no se pueden realizar análisis más detallados de cada proceso. La segunda debilidad es el equipo administrativo no tiene formación técnica, esto permitiría que tuvieran un mejor control en los procesos que desempeñan. Y por último se tiene la carencia de personal para investigación que ayudarían en la evaluación y validación de numerosos procesos productivos del laboratorio.

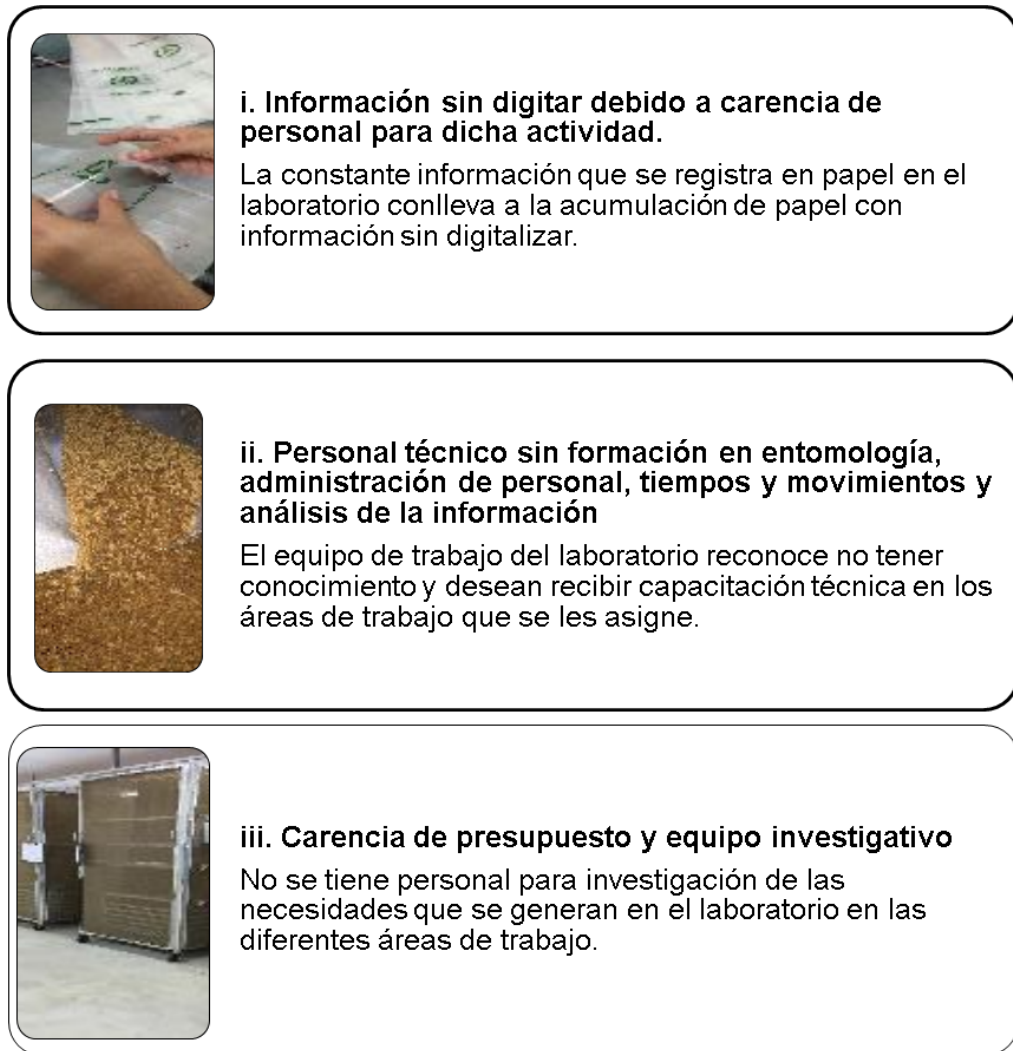


Figura 5. Listado de las principales debilidades en la producción de *A. ludens*.

- **Información sin digitar debido a carencia de personal para dicha actividad.** Debido a la carga laboral de los colaboradores no se tiene digitado mucha información pertinente al área de oviposición, filtrado genético, entre otros.
- **Equipo técnico sin formación en entomología, administración de personal, tiempos y movimientos y análisis de la información.** El personal a cargo de las operaciones productivas dentro del laboratorio carecen de educación superior universitaria afín a la biología, entomología, administración de recursos humanos y de tiempos y movimientos, además de que no estar capacitados para analizar la información que se obtiene en el día a día de sus actividades y depender únicamente de la directiva para poder interpretarla.

- **Carencia de presupuesto y equipo investigativo.** El laboratorio carece de presupuesto para llevar a cabo sus investigaciones o equipo que se desempeñe únicamente en la labor investigativa como tal.

➤ **Listado de amenazas**

Entre las principales amenazas se identificaron:

- **Limitaciones de presupuesto.** El programa limita las actividades de producción a un presupuesto ya designado.
- **Programa de provisión y envío de moscas estériles al extranjero muy dinámico.** La demanda de moscas al extranjero está sujeta a monitoreos de la población de moscas plaga que se realizan en Estados Unidos, por lo tanto la producción de moscas estériles por parte del laboratorio debe ser dinámica y a veces pueden pedir cantidades de moscas estériles sin tiempo de anticipación, por lo que se debe suplir a toda costa las cantidades demandadas por las instituciones en el extranjero.
- **Dependencia de otros centros de trabajo.** Muchas de las actividades productivas dependen de otros departamentos de trabajo como el Taller de Estructuras, Compras, entre otros.

1.6.3 Propuestas

A continuación se describen las estrategias propuestas en la matriz FODA (cuadro 1) que servirían para aprovechar las ventajas y disminuir las desventajas que el equipo de trabajo tiene para la aplicación de la inversión productiva. El primer apartado es para el fortalecimiento del laboratorio Moscamed en los procesos productivos y el segundo trata sobre las actividades que el estudiante de EPS llevó a cabo durante el ejercicio.

A. Para el fortalecimiento del laboratorio en sus procesos productivos

➤ **Fortalecer la formación técnica del equipo de trabajo a través de capacitaciones**

Se propone que los supervisores y personal a cargo de actividades técnicas se mantengan en continuo fortalecimiento a través de capacitaciones en las diferentes áreas que desempeñan. A continuación se detallan algunas áreas en las que sería recomendable abordar con dicho personal:

- Biología de insectos.
- Logística y tiempos y movimientos del personal.
- Liderazgo y sinergia organizacional.
- Análisis de la información y Excel avanzado.
- Ética y valores dentro de la institución.

➤ **Continuar con la mejora de los procesos para la producción de mosca mexicana de la fruta.**

Todo el equipo con personal a cargo debe mantener una mejora continua en todos sus procesos, logística, tiempos y movimientos, liderazgo y metas a alcanzar a su equipo de trabajo. Entre los productos que se proponen para mantener una mejora continua en los procesos productivos y la sinergia organizacional son:

- Planes, metas periódicas y bitácora de actividades del equipo de trabajo a cargo. Y un sistema de reconocimiento del esfuerzo mediante premios o incentivos para motivar al personal a alcanzar las metas propuestas por el jefe inmediato.
- Análisis de tiempos y movimientos del personal a cargo, priorizar actividades y diferenciar las actividades importantes de las urgentes.
- Sistematizar los diferentes procesos de producción, estableciendo rutas lógicas que permitan la percepción del grado o nivel de avance de las distintas actividades que compone cada área de trabajo.
- Capacitación sobre la etiología y la biología de la mosca mexicana de la fruta para

ampliar el conocimiento que tiene el personal del laboratorio.

- Capacitación sobre el uso de Excel avanzado, elaboración multigráfica y análisis de la información que se obtiene en el día a día del laboratorio.
- Guía de monitoreo y evaluación de los procesos productivos, definiendo los indicadores de resultados enfocándose en objetivos y metas.

➤ **Definir la estructura organizacional del equipo de trabajo y sus funciones.**

Es de suma importancia que el personal de laboratorio identifique la estructura y función que va a desempeñar dentro del laboratorio para que se desempeñen en las áreas en las que posean mayor experiencia y sean parte de sus fortalezas.

B. Servicios e investigación en el EPS

En base al análisis FODA anteriormente descrito y en el seguimiento de las actividades de producción del laboratorio Moscamed San Miguel Petapa, se presentan a continuación la propuesta de investigación y servicios realizados en el periodo de febrero a noviembre del año 2015. Cabe mencionar que el análisis FODA se presentan algunas estrategias que se creen necesarias para la mejora de los procesos de producción de *A. ludens*, no pudieron realizarse debido al tiempo con el que el estudiante cuenta en el ejercicio profesional supervisado y también requiere la asistencia de un equipo multidisciplinario que permita la realización de cada una de ellas.

a. Seguimiento a la implementación del sistema automático de colecta de huevecillo en salas de incremento de colonia.

En este servicio se pretende terminar la instalación de un sistema automático de colecta de huevecillo de mosca mexicana de la fruta en los paneles de oviposición que permita hacer más eficiente la operación y que permita ahorrar las horas hombre que se utilizan en la labor.

b. Desarrollo de experimentos y actividades no planificadas según convenga para la dirección del laboratorio.

En este servicio se presenten realizar experimentos que la dirección del laboratorio aún no ha realizado debido a la carencia de personal investigativo, además de proveer asistencia técnica cuando se presenten problemáticas en los procesos de producción durante la realización de la práctica supervisada.

c. Investigación: Evaluación de cuatro dietas para adulto de mosca mexicana de la fruta.

Como parte protocolar, el laboratorio utiliza dos diferentes marcas de proteína hidrolizada comercial para la alimentación de mosca mexicana de la fruta adulta sin validar mediante una evaluación formal cuál de estas proteínas tiene un mejor efecto en la producción de huevecillo, además de utilizar germen de trigo como componente adicional a dichas dieta debido a que su utilización en la dieta de la mosca del mediterráneo *C. capitata* tiene un efecto positivo en la producción de huevo.

Por lo tanto la evaluación de cuatro dietas para adulto de *A. ludens* permitirá validar la utilización de cada componente y proveer recomendaciones sobre que dieta conviene más al laboratorio en relación a la producción de huevo y el costo que representa a la dirección del mismo.

1.7 Conclusiones

1. Después del análisis se comprendió que en los procesos productivos es necesario tener una estructura organizacional bien definida que permita controlar todos y cada uno de las actividades que permiten una producción efectiva ante la provisión de mosca mexicana de la fruta estéril a países, instituciones y entidades que utilizan el control autocida³ para manejar las poblaciones de la mosca mexicana de la fruta.

³ Control autocida: también llamado técnica del insecto estéril, esta se basa en la liberación en la naturaleza

2. Para proveer alternativas en los procesos de producción y establecer un punto de partida ante una situación emergente en el laboratorio, es necesario que se cuente con un equipo multidisciplinario que domine a cabalidad las áreas de trabajo a cargo y además pueda presentar soluciones inmediatas ante cualquier problemática que se presente. Para ello también debe existir dentro de dicho equipo un área que se encargue de evaluar e investigar nuevas alternativas de producción validando cada una de ellas de manera técnica y profesional.

1.8 Recomendaciones

1. Atender a las propuestas descritas en la sección 1.6.4 A de este documento que se presentan con la finalidad de fortalecer los procesos de producción de la mosca mexicana de la fruta en el laboratorio. Las propuestas que se presentan son las siguientes:
 - a. Fortalecer la formación técnica del equipo de trabajo a través de capacitaciones
 - b. Continuar con la mejora de los procesos para la producción de mosca mexicana de la fruta.
 - c. Definir la estructura organizacional del equipo de trabajo y sus funciones.

1.9 Bibliografía

1. Aldana, A. 2015. Jerarquización de debilidades y fortalezas en la producción de *A. ludens* (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed, Dirección General.
2. Aphis, US. 2017. Acerca de Aphis y el programa Moscamed (en línea). US. Consultado 28 mayo 2017. Disponible en: <https://www.aphis.usda.gov/aphis/banner/aboutaphis>
3. Gutiérrez, JM; Martínez, GS; Cortés, AV; Enkerlin, WR; Hernández, F. 2013. Los programas de la mosca de la fruta en México, su historia reciente. México, IICA. 89 p.

de machos estériles de la especie que se quiere combatir con el objetivo de reducir al mínimo su descendencia.

4. Jerónimo, A. 2015. Historia del programa Moscamed en Guatemala (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed, Dirección General.
5. Moscamed (Programa Moscamed Guatemala). 2017. Control autocida (en línea). Guatemala. Consultado 28 mayo 2017. Disponible en: http://moscamed-guatemala.org.gt/?page_id=87&secc=Control
6. Rendón, P. 2015. Antecedentes de la planta de producción Moscamed ubicada en la laguna El Pino, Santa Rosa (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed.
7. Romagnoli, S. 2007. Herramientas de gestión en el diagnóstico empresarial (en línea). Argentina. Consultado 05 ene. 2016. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210502.pdf>
8. Yac, E. 2015. La utilización del análisis FODA en la realización del diagnóstico de un ente productivo (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, USAC, Fausac.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, *Anastrepha ludens* (LOEW) EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA. C.A.

EVALUATION OF FOUR DIETS FOR ADULTS OF THE MEXICAN FRUIT FLY, *Anastrepha ludens* (LOEW) DEVELOPED ON THE LABORATORY OF THE MOSCAMED PROGRAM, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA. C.A.

2.1 Presentación

La producción de moscas del mediterráneo a gran escala tuvo comienzo en Guatemala en el año 1976. Moscamed es un programa tripartito, el cual se ha convertido hoy en el mayor proveedor de moscas del mediterráneo (*Ceratitis* spp.), mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.) y parasitoides para los Estados Unidos. Cuenta con el financiamiento y la dirección del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos –USDA–, La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México –SAGARPA– y El Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala–MAGA–(Moscamed, 2011).

En la planta de producción de *A. ludens* se utiliza actualmente una formulación sólida elaborada con proteína, azúcar y germen de trigo para la alimentación de mosca adulta. Originalmente la dieta para la alimentación de *A. ludens* solo incluían azúcar y proteína en su composición, sin embargo, recientemente se ha incluido una fuente adicional de nutrientes, la cual consiste en harina de germen de trigo. Esto se originó en consecuencia de que, la incorporación de germen de trigo en dieta para la alimentación de *Ceratitis capitata* tiene un efecto positivo en la producción de huevo, con incrementos de 25 % y hasta 40 %, en comparación con las moscas cuya dieta no contiene dicho suplemento (Gutiérrez, 2015).

Las evaluaciones hechas por el Programa Moscamed establecieron que la dieta usada para la alimentación de mosca mexicana de la fruta adulta debe tener 68 % de azúcar y un 23 % de proteína hidrolizada (la proteína es provista por las marcas comerciales “Lallemand” e “ICN”). Además debe contener 9 % adicional de harina de germen de trigo, (establecido de acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas para *C. capitata*).

La mosca del mediterráneo (*C. capitata*) y la mosca mexicana de la fruta (*A. ludens*) pertenece a la familia Tephritidae, sin embargo los procesos fisiológicos de cada especie difiere en gran manera. *C. capitata* presenta un ciclo de vida más corto; por ende la

alimentación en cada etapa de desarrollo tiende a ser mucho más vigorosa y activa que la alimentación de *A. ludens*. Además la capacidad motriz que tiene la mosca del mediterráneo para alcanzar su alimento es mucho mayor que la que presenta *A. ludens* (Aluja y Norrbom, 1999).

Ante la situación anterior, este trabajo tuvo como finalidad evaluar si los efectos benéficos en la producción de huevo que el germen de trigo aporta a *C. capitata* también los produce en *A. ludens*, además de evaluar conjuntamente dos marcas comerciales de proteína para determinar que dieta mantiene o mejora los estándares de tanto para la calidad como la cantidad de la producción de mosca mexicana de la fruta.

Este documento presenta los resultados de la evaluación de 4 dietas para determinar si el germen de trigo también tiene un efecto positivo en la producción de huevo de *A. ludens*, al igual que en la producción de huevo de la mosca del mediterráneo (*C. capitata*). Y si la marca de la fuente protéica (Lallemand o ICN) tiene algún efecto para mejorar la cantidad y calidad en la producción de la mosca mexicana de la fruta.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco conceptual

A. Alimentación para cría de *A. ludens* en laboratorio

Los insectos en general, tienen una demanda compleja de nutrientes que pueden ser obtenidos en su ecosistema natural, otros nutrientes; como lo dice Tânia de Lima & Zoculoto (1988) los pueden obtener de reservas acumuladas en sus etapas de desarrollo previas y mediante la descomposición de componentes por actividad microbiana.

El comportamiento del metabolismo de cada uno de los géneros que compone la familia Tephritidae ante la presencia o ausencia de ciertos nutrimentos, así como las tácticas usadas por el insecto para la ingesta del alimento y la fisiología misma, varía

considerablemente en cada una de las especies que compone dicha familia (Kaspi et al., 2000).

En el género *Ceratitis*, se ha demostrado estrecha relación entre la dieta, el nivel de actividad física y la eficacia en el apareamiento. Por lo tanto existirá siempre un incremento en la producción de huevo cuando las condiciones alimenticias satisfagan el requerimiento nutricional de la mosca (Yuval et al., 1996).

Se ha observado que el género *Anastrepha* se alimenta de una amplia variedad de componentes naturales, incluyendo el líquido de tejidos putrefactos en frutos caídos, savia de plantas, néctares de flores, excreción de aves y gotas de miel (Aluja & Norrbom 1999, Bateman 1972).

La información sobre el comportamiento metabólico del género *Anastrepha* en la ingesta de nutrientes es escasa, Sin embargo; análisis químicos en las frutas que *Anastrepha* generalmente consume, muestra contenidos ricos de azúcar, glucosa especial, fructuosa y sucrosa, los cuales son los azúcares que los insectos digieren de mejor manera. Según Lima & Zoculoto (1999) algunas especies de Tephritidos y otros insectos muestran estrecha relación con respecto a la ingesta de carbohidratos y la longevidad de los mismos.

Se han evaluado diferentes fuentes de carbohidratos como alimento en *Anastrepha obliqua*. De allí se sabe que azúcares como glucosa, fructuosa, maltosa y sucrosa producen del 90 % al 100 % de supervivencia mientras que la dieta a base de almidón mantuvo la supervivencia de las moscas en un 77 %. En cuanto a la producción de huevo, está establecido que las dietas que contienen proteína y monosacáridos en su composición muestran ser superiores a las dietas que carecen de dichos nutrimentos. (De Lima et al., 1999).

Además del efecto de supervivencia en adultos y producción de huevo, está establecido que la ingesta de ciertos nutrimentos por el género *Anastrepha* tiene estrecha relación con

la producción de feromonas y el peso individual por mosca. Tal es el caso de *Anastrepha suspensa* la cual muestra un considerable incremento en peso individual por el consumo de dietas que incluyen azúcar y proteína en su composición, presentando una diferencia en el peso medio por mosca de 2.1 mg con respecto a las moscas silvestres (Cresoni-Pereira et al., 2001).

A pesar de que la importancia del consumo de proteína en algunos insectos y otros animales está bien definida, la asociación entre la proteína y las especies de Tephritidos está aún en un desconocimiento parcial (Chang, 2004).

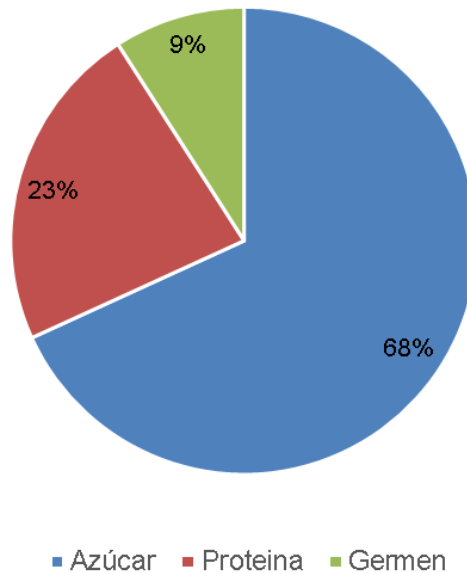
Según Braga & Zuculoto; el contenido de una fuente proteica en la dieta de adulto de mosca de la fruta, produce en las hembras una mayor estimulación, dado a que la proteína es imprescindible para la producción de huevo. La proteína es esencial en el desarrollo larval y en la ausencia de esta los huevos permanecen retenidos dentro del abdomen de la hembra. En dietas a base únicamente de sacarosa, el desarrollo del embrión dentro del huevo se ve afectado; haciendo que la larva no sobreviva más de dos días. Además los machos, se benefician del contenido proteico de la dieta, produciendo una mayor cantidad de esperma, que a su vez es transferido a la hembra. (Yuval, 1998).

En muchos insectos, el estado nutricional de los machos está relacionado con su habilidad para atraer hembras y copular con ellas. La relación entre la nutrición y el comportamiento sexual del insecto se manifiesta en dos grandes maneras. La primera corresponde a las actividades sexuales, como señales de advertencia o cortejo. la otra conlleva a la defensa del territorio. Por lo tanto la buena nutrición de los insectos está intrínsecamente relacionado con la producción de siguientes generaciones (Shelly et al., 2002).

La mayor demanda de alimento por la mosca mexicana de la fruta se presenta en los primeros 7 días después de la emergencia del adulto, en donde ésta se prepara para la reproducción y la producción de feromonas. La calidad de la dieta de mosca mexicana de la fruta determina la cantidad de huevo a ovipositar. Es decir que, la disponibilidad de alimento de *A. ludens* antes y durante la copula determina el volumen colectado en los

paneles de oviposición de las jaulas (López, 2015).

La proporción de los insumos en la dieta mosca adulta se detallan en la figura. 6, en la cual, 6 kg. de dieta es fraccionada según las proporciones dadas. En dicha dieta se adiciona 10 % de harina de germen de trigo.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 6. Gráfica de proporción de insumos en dieta sin germen de trigo, San Miguel Petapa 2015.

B. Propiedades nutricionales del germen de trigo

El germen de trigo, posee alto contenido nutricional (cuadro 2) que incluye: proteína, fibra, grasas poliinsaturadas, ácido linoléico, vitaminas del complejo B, zinc, selenio, hierro, potasio, antioxidantes y vitamina E según datos de USDA (2015).

Según Ling Chang, los ácidos grasos como parte de la dieta de *A. ludens* tienen un efecto en la capacidad voladora de estas, por consiguiente la producción de huevo se incrementa debido a que gran parte del cortejo y el apareamiento se lleva a cabo si y solo si el macho tiene una capacidad motriz desarrollada. Si bien el estudio se realizó en dietas larvales de

la mosca mexicana de la fruta, los ácidos grasos del germen de trigo podrían tener un efecto positivo en la producción de huevo en la mosca adulta.

Según Chang (2009), el germen de trigo contiene ácidos grasos, los cuales se encuentran vinculados a una mejora en la producción de huevos de algunos insectos pertinentes a los géneros: *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Bactrocera* y *Vidalia*.

Coudron (2010) también determinó que los ácidos grasos del germen de trigo incrementan la expresión de los genes de la subunidad proteasómica en la mosca oriental de la fruta (*Bactrocera dorsalis*), estos genes codifican las proteínas que están involucradas en la ruta ubiquitina-proteasómica, el cual es el principal mecanismo para el catabolismo de las proteínas en el citosol y núcleo de las células de los mamíferos.

C. Propiedades nutricionales de proteína comercial Lallemand e ICN

Proteína comercial a base de proteína de levadura hidrolizada. Los extractos de levadura son comúnmente usados como medios de cultivo para numerosos microorganismos, los cuales ayudan en el proceso de fermentación (Lallemand, 2015).

Según el laboratorio Lallemand (2015), las proteínas de la línea FNI proveen aminoácidos libres, péptidos, minerales, vitaminas del complejo B y ácidos nucleicos, como detalla en cuadro 2.

Chang, C. 2009 evaluó la utilización de la proteína comercial Lallemand y la describe como una de las proteínas con los mejores efectos rendidores en la producción de huevo y la obtención de larva de tephritidos.

Droney determinó que los machos de moscas de *Ceratitis capitata* alimentadas con proteína exhiben llamados a apareamiento más largos y cortejos más frecuentes que los machos que fueron privados de proteína. Este mismo comportamiento se ha observado en otras especies de dípteros. Por lo tanto, la proteína juega un papel importante en la

producción de huevo, debido a que los llamados de apareamiento y cópulas por parte de las moscas hembras están relacionadas con la misma. En el cuadro 1, se presenta el contenido nutricional de proteína de Lallemand, el cual cuenta con información en base a los datos de muestras tomadas de Lallemand (2015) e ICN (2015).

Cuadro 2. Contenido nutricional de proteína Lallemand FNI 105 e ICN en (mg/100g).

Nutriente	Lallemand	ICN
Proteína (Nx6.25)	62 %	60 %
Nitrógeno Amino Alfa	4.50 %	4.20 %
Minerales (mg/100 g)		
Calcio	152	273
Hierro	4	4.7
Magnesio	132	341
Manganeso	2	0
Fósforo	1280	1810
Potasio	3600	2280
Sodio	678	1670
Zinc	12.3	8.7

Fuente: elaboración propia, 2015.

Hunt determino en *Ceratitis capitata*, que las moscas que son alimentadas con proteína, tienen un mayor éxito en las copulas y estas tienen un tamaño más grande en comparación con aquellas que son privadas de una fuente proteica. Así mismo el consumo de proteína por la mayoría de Tephritidos incrementa la producción de huevo, la sobrevivencia del insecto y beneficia otros procesos fisiológicos (Wee, 2010).

Llamada vulgarmente proteína ICN, la proteína “Yeast Hidrolizate Enzimatic” desarrollada por MP Biomedicals (2015), está hecha a base de levadura, provee además una fuente soluble proteica, carbohidratos, vitaminas del complejo B y minerales como: sodio, aluminio, zinc, magnesio y potasio (MP Biomedicals, 2015). El cuadro anterior resume las propiedades nutrimentales que la proteína ICN contiene, en donde se puede apreciar que el contenido nutrimental en comparación a la proteína Lallemand es de mucha similitud en términos de cantidades y en nutrimentos como tal. Sin embargo hay una ligera diferencia en cuanto al porcentaje de proteína, en la que la proteína de marca Lallemand aporta 2 % más de proteína disponible, que la proteína ICN de Biomedicals.

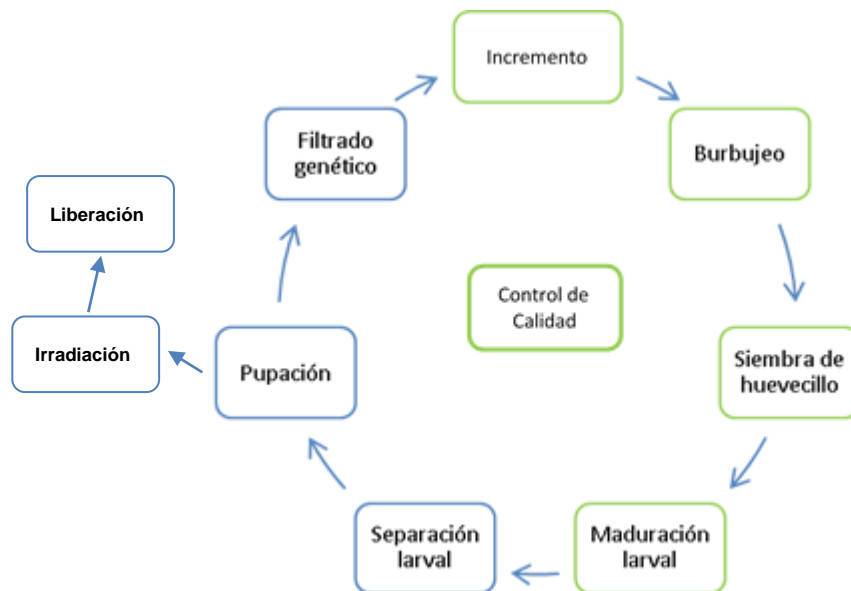
2.2.2 Marco referencial

A. Ubicación geográfica del laboratorio:

Véase sección “A” del apartado 1.4.2.

B. Procesos de producción de la mosca mexicana de la fruta

Para evaluar las distintas dietas para mosca adulta, los procesos que debe seguir la investigación se muestran en la figura 7 de coloración verde. Los cuadros con coloración azul muestran el resto de procesos que siguen para completar su ciclo en la producción de mosca mexicana de la fruta.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 7. Diagrama de los procesos de producción de *A. ludens* en laboratorio, San Miguel Petapa, 2015.

C. Incremento

El área de incremento de colonia de *A. ludens* es uno de los pilares principales en la producción masiva de insectos, debido a que de ella depende toda la capacidad de ajuste para la reproducción en ambientes artificiales (Zavala et al., 1997).

El área de incremento de colonia conlleva varias actividades las cuales se describen de manera general a continuación:

- i. Lavado y desinfección microbiana de jaulas para mosca adulta de *A. ludens*.
- ii. Preparado y llenado de jaulas con la dieta y los especímenes de la mosca correspondiente.
- iii. Ordenamiento de las jaulas preparadas en el día en salas de incremento de colonia, (ver figura 4).
- iv. Monitoreo de la etapa de pre-oviposición de cada jaula.
- v. Monitoreo de la disponibilidad del agua de cada jaula.
- vi. Colecta y cuantificación el huevo ovipositado, 5 veces al día, durante 15 días.
- vii. Traslado del huevo de cada colecta a las salas de burbujeo.

La figura 8 muestra el orden de jaulas ubicadas en la sala de incremento de colonias.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 8. Ordenamiento de jaulas en salas de incremento en colonia, San Miguel Petapa, 2015.

Dentro del proceso de incremento de colonia se encuentran sub-procesos que constan en la elaboración y preparación las dietas para cada jaula. Dichos procesos se describen a continuación.

a. Tamizado del germen de trigo

El tamizado del germen de trigo es realizado por los colaboradores de la institución, el cual se hace de forma manual, pasándolo por un mesh 100⁴ y recuperando así un porcentaje de partícula en forma de harina fina de germen de trigo, el cual es utilizado para la dieta del insecto adulto. Dicho tamizado se realiza con la finalidad de proveer al insecto partículas de germen de trigo más finas, haciendo así más fácil su consumo (Gutiérrez, 2016).

b. Mezclado de insumos de dieta para adulto

Los diferentes insumos para la elaboración de dieta del insecto adulto son mezclados de forma manual, donde se homogenizan los ingredientes totales que esta requiere siendo estos: proteína, azúcar y germen de trigo como parte de la alimentación del material biológico.

En el cuadro 3, se muestra la composición química del germen de trigo (g/kg), utilizado para la producción de *A. ludens*.

Cuadro 3. Composición química del germen de trigo (g/kg).

	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra	Calcio	Fósforo	Energía (cal)
Germen de trigo	124	37	241	35	94	2.54	4.621	3,531

Fuente: USDA, 2015.

D. Burbujeo

En este proceso, se lleva a cabo la desinfección del huevo colectado mediante soluciones a base de hipoclorito de sodio o hipoclorito de yodo a 1000 ppm, para evitar pérdidas por huevos vanos o huevos no viables. Los distintos subprocesos que se incluyen dentro del área de burbujeo se detallan en la siguiente lista:

⁴ Mesh 100: Indican que la malla fina que contiene el tamizador, tiene 100 cuadros por pulgada cuadrada.

- i. Separación e identificación de los recipientes con el huevo colectado correspondiente a cada tratamiento.
- ii. Desinfección de huevo mediante soluciones cloríticas para evitar pérdidas y daños en el huevecillo.
- iii. Aplicación de oxígeno a cada recipiente mediante oxigenadores eléctricos en la sala de burbujeo.

La figura 9 y 10, muestran la forma de oxigenación del huevecillo de *A. ludens* por medio del burbujeo, tanto a pequeña escala como a mediana.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 9. Recipientes con huevecillo y con incorporación de dispositivos de burbujeo para pequeña escala, San Miguel Petapa, 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 10. Recipientes con huevecillo y con sistema de burbujeo para volúmenes grandes, San Miguel Petapa, 2015.

E. Siembra de huevecillo

Este proceso conlleva llevar el huevecillo de los recipientes de burbujeo a dieta larval ya preparada, la cual se le denomina “siembra”. Para ello el huevo debe llevar las condiciones óptimas de viabilidad, para estimar las cantidades de larvas que serán obtenidas de la dieta larval. Los subprocesos en los que se divide la siembra de huevecillo son:

- i. Preparación de solución de siembra mediante la elaboración de una solución que contiene, goma guar⁵, agua, ácido clorhídrico (pH < 4.5) y huevo de mosca mexicana de la fruta.
- ii. Llenado de las bandejas con dieta larval (figura 11 y 12).
- iii. Aplicación de 45 ml. de solución de siembra a cada bandeja con dieta larval.
- iv. Colocación de bandejas, apiladas unas sobre otras hasta formar una torre de 20 bandejas promedio (figura 13).
- v. Traslado de torres de bandejas hacia las salas de maduración larval con condiciones ambientales controladas.

La figura 11 y 12, muestra las bandejas con el contenido de dieta larval en la pre-siembra

⁵ Goma guar: polisacárido de reserva nutricional que se extraen de las semillas de *Cyamopsis tetragonoloba*, planta de las familias de las leguminosas.

del huevecillo de la mosca *A. ludens*. Y la aplicación de dieta larval automática por medio de la tolva respectivamente.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 11. Bandejas con dieta larval antes de ser sembradas con huevecillo de mosca de *A. ludens*, San Miguel Petapa, 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 12. Bandeja con dieta larval en el sistema de tolva automática, San Miguel Petapa, 2015.

La figura 14, muestra el orden de las bandejas de dieta con la siembra del huevecillo ya

realizada y colocado el cobertor, el cual permite que alcance la temperatura adecuada para la maduración larval en las primeras etapas de eclosión del huevecillo de *A. ludens*.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 13. Torre de bandejas “sembradas” y listas para ser trasladadas a las salas de maduración larval, San Miguel Petapa, 2015.

F. Maduración larval

Este proceso está conformado por el control de la temperatura y la humedad relativa del ambiente en el que las larvas de *A. ludens* que se desarrollan. La maduración larval tiene un periodo medio de 10 días. Durante los cuales, las larvas en cada estado de desarrollo larval (L1-L5) se alimentan a temperaturas y condiciones de humedad distintas. Orozco-Dávila (2006), establece que la mosca mexicana de la fruta en estado de larva tiene el mayor incremento de peso en el ciclo del insecto, el cual a su vez está relacionado con un mayor peso de pupa y por consiguiente una mejor calidad del insecto adulto.

Para el estado de desarrollo larval “L1” a “L2” la larva se mantiene en salas de maduración larval a 30 °C y con una humedad relativa no menor a 75 %. Posteriormente las larvas con estado de desarrollo “L3” a “L4” se trasladan a las salas de maduración larval con temperatura de 25 °C y las mismas condiciones de humedad relativa. Para finalizar con el último estado de desarrollo larval “L5”. En donde se trasladan a salas de maduración larval

con una temperatura de 20 °C, donde esperan la decisión de la dirección del laboratorio para separar larva de dieta mediante máquinas de movimiento centrifugo. La figura 14, muestra la etapa final de maduración larval denominada L5.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 14. Larvas en la etapa final de maduración (L5).

G. Control de calidad en la producción de *A. ludens*.

Esta área de trabajo es de suma importancia dado que dicha área se relaciona con las demás áreas de trabajo anteriormente mencionadas. Esta área realiza la cuantificación de variables que incluyen aspectos de calidad en cada etapa de desarrollo de la mosca mexicana de la fruta. Para la evaluación de las cuatro dietas para mosca adulta, los controles de calidad que se tomaron en consideración son: control de calidad de huevo, control de calidad de larva y control de calidad de la mosca adulta.

- a. Control de calidad de huevo: Consta de múltiples muestreos para determinar la calidad del huevo ovipositado de *A. ludens* durante los próximos 4 días después de haber sido colectado el huevecillo en las jaulas de oviposición. Las muestras determinan la capacidad del huevo a eclosionar bajo las condiciones de temperatura y humedad establecidas y el estado de la larva dentro del huevecillo.
- b. Control de calidad de larva: El control de calidad de larva se lleva a cabo mediante la cuantificación del número de larvas y el peso de las mismas en un volumen de 10 ml, para la determinación de parámetros como: densidad de larva por ml. y el peso

de larva.

- c. Control de calidad de mosca adulta: Este control se lleva a cabo para las moscas que fueron llevadas a las jaulas de oviposición, en donde se determina la cantidad organismos genéticamente recombinantes⁶, para determinar la efectividad de las proporciones de machos versus hembras en cada jaula.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Evaluar diferentes dietas para la alimentación de mosca *Anastrepha ludens* (Loew) que mantenga o supere los estándares actuales de calidad y cantidad en la producción de la misma.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la producción de huevo por jaula de *A. ludens* por dieta.
2. Determinar la calidad (peso de larva, viabilidad de huevo antes de la siembra y porcentaje de eclosión a las 48 horas) de las moscas producidas por dieta evaluada.

2.4 Metodología

2.4.1 Diseño de tratamientos

Como lo detalla el cuadro 3 los tratamientos se diferencian por dos insumos principales que son: la fuente proteica (ICN y Lallemand) y la fuente de lípidos y vitaminas provistas

⁶ Moscas fenotípicamente diferentes al fenotipo original de la cepa, para el caso de la cepa TBP7, un macho recombinante es aquel que emerge de puparios de coloración negra y una mosca hembra recombinante es aquella que emerge de puparios café.

por el germen de trigo. Los tratamientos que se evaluaron fueron: dieta comercial Lallemand con y sin germen de trigo y dieta comercial ICN con y sin germen de trigo. Cada unidad experimental llevó 6 kg de dieta para adulto debido a que es la cantidad de dieta que el laboratorio utilizó en la cría de *A. ludens*.

El cuadro 4, muestra la descripción de los tratamientos realizados en la planta MOSCAMED, San Miguel Petapa durante el año 2015.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos, San Miguel Petapa, 2015.

	Insumos	Cantidad (Kg)		Bloques
Tratamiento 1	Proteína Lallemand	1.5	25 %	6
	Azúcar	4.5	75 %	
Tratamiento 2	Proteína ICN	1.5	25 %	6
	Azúcar	4.5	75 %	
Tratamiento 3	Proteína Lallemand	1.5	23 %	6
	Azúcar	4.5	68 %	
	Germen de trigo	0.6	9 %	
Tratamiento 4	Proteína ICN	1.5	23 %	6
	Azúcar	4.5	68 %	
	Germen de trigo	0.6	9 %	

Fuente: elaboración propia, 2015.

2.4.2 Unidad experimental

La unidad experimental para la evaluación de producción de huevo de *A. ludens* fue de una jaula estándar de oviposición con 2.2 m. de altura, 0.9 m. de largo y 0.8 m. de ancho aproximadamente (véase figura 17) para las cuatro dietas.

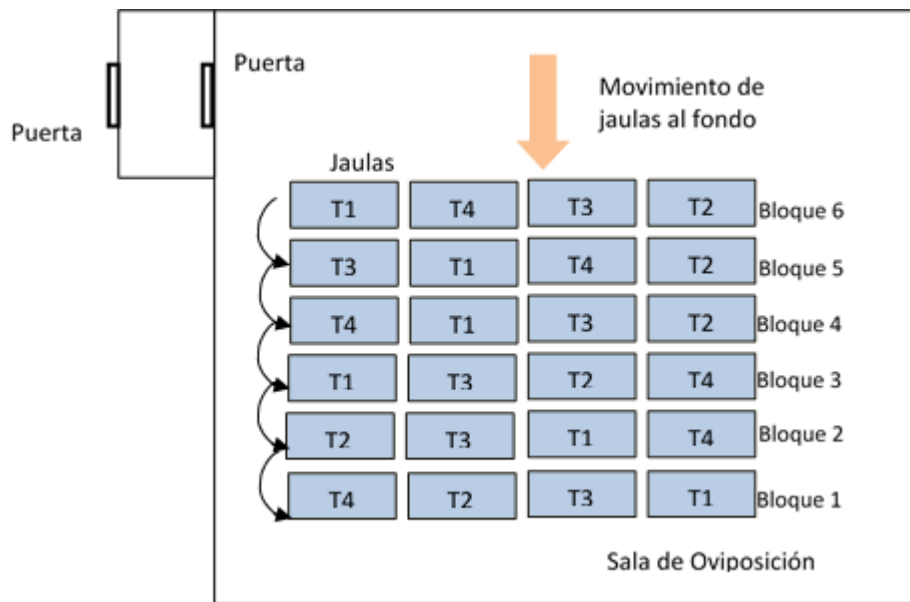
En cada jaula fueron colocados los 6 o 6.6 kg de dieta según fue el tratamiento, en los recipientes establecidos (véase figura 17).

2.4.3 Diseño experimental y aleatorización

El experimento realizado fue un bi-factorial en diseño de bloques al azar. Si bien las condiciones ambientales de las salas de oviposición son controladas, las repeticiones se realizaron en el tiempo, debido a eso se decidió controlar el efecto del tiempo, utilizando bloques en el establecimiento de los tratamientos. Cada bloque establecido fue establecido una semana después del bloque anterior.

La aleatorización de cada repetición en el tiempo se realizó mediante el sorteo de cada uno de los tratamientos en la fila de jaulas. Para obtener así cada bloque de jaulas completamente aleatorizadas en toda la sala de oviposición del laboratorio de producción de *A. ludens*.

La figura 15, muestra la forma de distribución de los tratamientos evaluados de forma aleatoria.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 15. Croquis y distribución de los tratamientos.

2.4.4 Manejo del experimento

- i. Cada tratamiento evaluado constó de una jaula, para hacer un total de 4 jaulas por repetición.
- ii. Las jaulas fueron lavadas, secadas y desinfectadas previo al llenado de cada jaula con pupa de la cepa "Tapachula Black Pupae 7" o TBP7, esta cepa es oriunda de México y es la cepa que trabajaba la planta Moscamed San Miguel Petapa para el año 2015.
- iii. La dieta fue colocada en los recipientes específicos de cada jaula (véase figura 17).
- iv. Después de que las jaulas estuvieran listas con alimento y con moscas en su interior, fueron llevadas a las salas de condiciones ambientales controladas, o llamadas también "Salas de Oviposición". Las jaulas del experimento se implementaron de igual manera que las jaulas de producción, para no alterar ningún factor, la figura 18 detalla la sala de oviposición y la ubicación de las jaulas del experimento, como la aleatorización de cada unidad experimental dentro de las salas. La figura 16 contiene la vista de planta de la sala de oviposición en donde fueron ubicadas las repeticiones de esta evaluación.
- v. Las temperaturas a las que se trabajaron, fueron estándares durante su implementación, siendo estas temperaturas promedio de 27 °C y una humedad relativa promedio de 70 %.
- vi. Del día 1 al día 10 de estancia de las jaulas en las salas de oviposición, la mosca se encuentra por un proceso denominado "Pre-oviposición" que consiste en el tiempo de emergencia de la mosca en la pupa y los distintos procesos de copula y cortejo.
- vii. En el primer día de oviposición, el panel de la jaula puede ocuparse con un 7 % de superficie total con huevo, el cual se colecta y desecha debido a que contiene más del 50 % de huevos vanos o con embrión sin desarrollo o inexistente, según el control de calidad ya establecido.
- viii. El huevo comenzó a colectarse a las 5:00 horas. En donde el huevo que fue colectado a esas horas de la mañana no se considera viable debido al periodo de deshidratación nocturno, por lo tanto la primer colecta formal y registrada fue a las

7:00 horas, con un intervalo de dos horas entre colecta, para finalizar con la última colecta del día a las 15:00 horas.

- ix. El huevo se colectó en recipientes con capacidad volumétrica de 5 litros, utilizando agua mediante una manguera a presión.
- x. El huevo fue colectado individualmente en vasos y medidos con una probeta de 100 ml. Y la cantidad obtenida fue anotada en una hoja de registro para cada jaula en específico.
- xi. Del día 11 al día 25 la jaula se encuentra en la etapa de oviposición en donde se tiene colecta 5 veces por día. Posteriormente el huevo colectado se trasladó a burbujear en los días de colecta 12, 16, 18, 20 y 24 del periodo de oviposición. Debido a que el proceso de burbujeo requiere grandes espacios y personal disponible para su cuidado y desinfección (véase figura 18 y 19).
- xii. En el proceso de burbujeo, el huevo fue almacenado durante 4 días, en un recipiente establecido para cada tratamiento. En estos recipientes el huevo se burbujea y se desinfecta diariamente, hasta cumplirse 96 horas.
- xiii. Al cumplir 96 horas o 4 días en burbujeo (véase figura 11 y 12), se obtuvo una muestra de 1 ml. según lo establecido por el protocolo de control de calidad, para determinar la viabilidad del huevo antes de la siembra y el porcentaje de eclosión.
- xiv. Después del periodo de burbujeo de 96 horas (véase figura 13), el huevo de cada tratamiento fue sembrado en 10 bandejas, para hacer un total de 40 bandejas por día de siembra y al final se obtuvieron 120 bandejas por cada unidad experimental.
- xv. Finalmente después del proceso de maduración larval, que es de aproximadamente 10 días, se midió la larva obtenida mediante la utilización de una tómbola giratoria (véase figura 16). Y se tomó una muestra para determinar el peso medio por larva, para cada tratamiento realizado.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 16. Máquina de separado de larva de la dieta.. B: Larva recuperada en un recipiente San Miguel Petapa, 2015.

2.4.5 Variables evaluadas

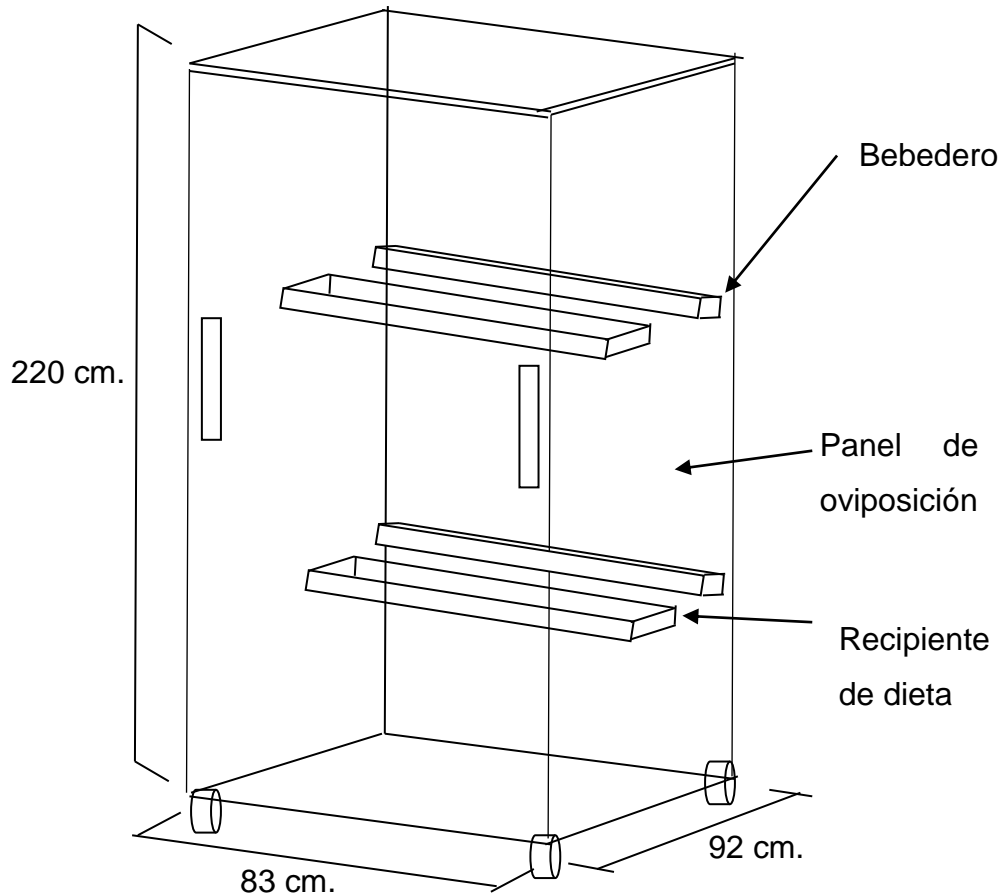
Las variables que se midieron para cada una de las dietas evaluadas se detallan en la siguiente lista:

- i. **Volumen de huevo (ml) producido por jaula:** Esta variable se midió mediante la cuantificación de la producción promedio diaria de huevo por jaula, durante los 15 días de oviposición. Mediante la toma de fotografías al segundo, sexto, octavo y doceavo día de oviposición se registró la oviposición en cada uno de los tratamientos evaluados.

El volúmen del huevo se midió mediante probetas de 100 ml. de capacidad con un fondo de malla ultra fina, para dejar pasar el agua y retener únicamente el huevo en la probeta. Cada probeta después de la colecta se dejaba reposar alrededor de 3 minutos sin agitación para dejar pasar toda el agua y así obtener un valor más acertado. Al final de la medición, el valor obtenido se escribía en una hoja de registro de oviposición la cual estaba pegada a la jaula y esta se recogía cuando finalizaban los 15 días de oviposición.

En la figura 17, se muestra un diagrama interno de las jaulas de reproducción de cría

larval de la mosca *A. ludens* producida en la planta MOSCAMED, San Miguel Petapa.



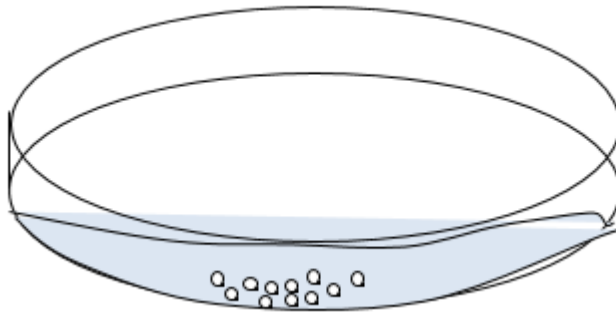
Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 17. Jaula de reproducción en cría, San Miguel Petapa, 2016.

- ii. **Viabilidad del huevo antes de la siembra:** Esta variable midió el porcentaje de huevo vano o huevo sin embrión desarrollado, que presenta después de 96 horas de haberlo colectado.

La Planta Petapa mide 5 categorías para la viabilidad de huevo, siendo estas: larva total, aparato bucal tierno, aparato bucal maduro, larva formada, huevo no viable. De estas la única que es considerada como determinante para la empresa es el huevo no viable, el cual se determina mediante la observación directa del huevo en microscopio. El huevo no viable se establece cuando no se ve ningún desarrollo larval dentro del huevo, por lo tanto tiende a ser de una coloración más oscura y homogénea (véase figura 19). La figura 18, muestra una caja petrí donde se determina la viabilidad del

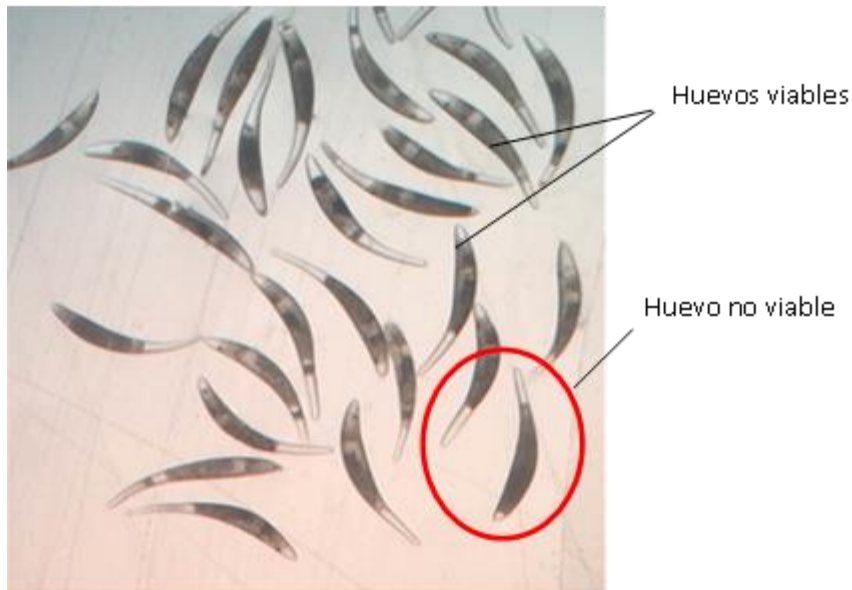
huevo antes de la siembra.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 18. Muestra de caja petrí para la determinación de la viabilidad del huevo antes de la siembra San Miguel Petapa, 2015.

La figura 19, muestra una fotografía microscópica del huevo de *A. ludens* tanto viable como no viable.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 19. Huevo vano, en muestras de viabilidad de huevo bajo microscopio San Miguel Petapa, 2015.

La muestra que se tomó es de 1 ml por cada 1000 ml de huevo para colectas protocolares, es decir como colecta general de todo el día en todas las jaulas. Para las jaulas de cada tratamiento, el muestreo se realizó en los días 2, 6, 8, 10 y 14 de oviposición de la jaula y así se obtuvo una media ponderada de la viabilidad de cada uno de los tratamientos.

- iii. **Porcentaje de eclosión a 48 horas:** El porcentaje de eclosión es una variable del control de calidad de huevo que aprovecha la muestra de viabilidad descrita con anterioridad, dado que se tomó el huevo de dicha muestra para cuantificar el porcentaje de eclosión después de 48 horas de haber sido colectado de las jaulas.

Para determinar el porcentaje de eclosión se toma 1 ml. de muestra del huevo que se encuentra en los recipientes de burbujeo. De dicha muestra se separan 100 huevos de *A. ludens* y se colocan en un papel absorbente de color negro de forma linear. Posteriormente dicho papel se traslada a una caja petrí, la cual es almacenada en una estantería de incubación, en donde pasa las siguientes 48 horas a temperaturas de 25 °C. Finalmente al pasar las 48 horas de incubación, el huevo alineado es nuevamente cuantificado, determinando así el número de huevos que no eclosionaron.

El porcentaje de eclosión indica el porcentaje de huevo no eclosionado o huevo lleno, durante la siembra se determinó de antemano la cantidad de larva a obtener de la dieta larval, en donde se sembró el huevo del cual fue tomada la muestra.

La figura 20, muestra el alineamiento de huevo para la determinación de la eclosión a las 48 horas.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 20. Alineación de huevos para determinación de porcentaje del porcentaje de eclosión a 48 horas.

- iv. **Peso de larva:** Esta variable toma en consideración a alimentación de la mosca en sus etapas de desarrollo tempranas y toma en consideración la calidad del desarrollo de la larva en todo su ciclo. Esta variable es medida en miligramos por larva (mg/larva) y es un valor promedio de los datos obtenidos.

El peso de la larva se determina mediante la cuantificación del número de larvas que caben en una probeta de 10 ml. de capacidad. Dicha probeta fue tarada previamente en una balanza analítica y al colocar las larvas dentro de ella se mide nuevamente la masa de la misma con larvas en su interior. Determinando así la masa media de cada larva; dividiendo la masa de las larvas sobre el número de larvas cuantificadas.

2.4.6 Análisis de los resultados

Para el análisis de la información, se utilizaron medias ponderadas de cada resultado obtenido para cada variable de respuesta, debido a que, por protocolo de producción la planta establece la medición de los resultados varias veces al día, obteniendo al final de cada ciclo productivo una amplia base de datos que contiene datos desde la pupa utilizada en cada jaula hasta la larva obtenida en la siguiente generación, por cada unidad experimental. Es decir, para la variable producción de huevo por jaula, se tomó la media general de producción sobre los 15 días de oviposición, teniendo en consideración que en cada día de oviposición el huevo se colectaba 5 veces.

A. Modelo estadístico

Mediante un experimento factorial en bloques al azar con 6 repeticiones, se evaluaron los distintos tratamientos, dado a que las condiciones de temperatura, luz y humedad relativa que se manejaron en la planta, cada unidad experimental constó de una jaula, con capacidad para 9 litros de pupa (Bautista, 2008).

Por lo tanto:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta de la ij -ésima dieta.

μ = media general de huevo por jaula.

α_i = efecto del i -ésima proteína.

β_j = efecto del j -ésimo suplemento en la dieta.

ρ_k = Efecto del k -ésimo bloque.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésima proteína con el j - ésimo suplemento de dieta.

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

B. Análisis de varianza y post-varianza.

La toma de datos, incurrió en el registro de todos los resultados obtenidos y la utilización del software "Excel" para la digitación de los mismos, y el ordenamiento pertinente para su adecuado análisis estadístico.

El análisis estadístico realizado en la evaluación constó primeramente de un análisis de varianza para los resultados obtenidos de las seis repeticiones establecidas desde el 20 de julio hasta el 20 de octubre del año 2015, mediante la versión estudiantil del paquete estadístico estudiantil "Infostat". Así mismo para el análisis post-andeva se utilizó el mismo software, mediante la comparación Tukey y un diagrama de barras para la representación de las medias de cada tratamiento.

C. Materiales empleados

- Se usó la cepa de *A. ludens* denominada Tapachula Black Pupae 7, o TBP7.
- Jaulas para mosca mexicana de la fruta (figura 17).
- Probetas 100 ml. de capacidad.
- Agua
- Piedra para burbujear.

- Bombas para pecera.
- Manguera para bomba de pecera.
- Pachones de 2 litros de capacidad.
- Bandejas para siembra de dieta larval.
- Cajas petrí (figura 18 y 19).
- Tela para caja petrí (figura 19 y 20).
- Agujas de disección.
- Proteína comercial Lallemand FNI.
- Proteína comercial ICN Biomedicals.
- Harina fina de germen de trigo.
- Esponjas para bebederos.
- Papel Craft.
- Bolsas de polietileno.
- Balanza semi-digital.
- Masking-tape.
- Vinil para canaleta de huevo.
- Charolas y vasos para retener el huevo después de la colecta.
- Regadera para manguera.
- Blower para burbujeo.

2.4.7 Cronograma de alimentación y oviposición

En el cuadro 5 se muestra el cronograma de la alimentación y la oviposición que presentó cada tratamiento. La alimentación de la mosca mexicana de la fruta tiene lugar desde el primer día de emergencia de los puparios hasta aproximadamente el día 20, en los días siguientes la mosca sigue alimentándose, pero la ingesta no tiene efecto alguno en la oviposición, sino ocurre por sobrevivencia únicamente.

Cuadro 5. Cronología de actividades realizadas en cada repetición, San Miguel Petapa 2015.

Actividades	Días																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Consumo de alimento																															
Periodo de pre-oviposición																															
Colectas de huevo																															
Traslado de huevo a burbujeo																															

Fuente: elaboración propia, 2015.

En el periodo de pre-oviposición del día 1 al día 10, la mosca alcanza su madurez sexual y comienzan las actividades de cortejo y cópula, además de ser la etapa crucial en la alimentación de la misma para desarrollar plenamente su capacidad reproductora. Posteriormente se tiene el periodo de oviposición definitivo que va desde el día 11 hasta el día 25. En los días en que el huevo se trasladó a burbujeo, día 12, 16, 18, 20 y 24, fueron los días seleccionados para seguir evaluando variables como: porcentaje de eclosión a las 48 horas después de la colecta, viabilidad del huevo ,etc.

2.5 Resultados Y Discusión

2.5.1 Análisis de la cantidad y calidad de la producción según la dieta evaluada.

A. Cantidad de huevo producido por jaula

El cuadro 6, presenta los resultados obtenidos para la medición de la cantidad de huevo producido.

Cuadro 6. Cantidad de huevo producido por jaula.

Tratamiento		Producción de huevo (ml/día)						Promedio
Fuente de proteína	Suplemento	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Lallemand	Sin	58	78	88	73	76	51	71
Lallemand	Con	53	63	67	43	62	46	56
ICN	Sin	50	73	42	61	56	49	55
ICN	Con	56	61	41	44	60	51	52

El cuadro 7, presenta los resultados de huevo producido por jaula por factor con y sin germen aplicado a la dieta.

Cuadro 7. Promedio de cantidad de huevo producido/jaula por factor.

Fuente de Proteína	Germen		General
	Si	No	
Lallemand	55.17	70.67	62.92
ICN	52.17	55.67	53.92
General	53.67	63.17	58.42

Los resultados del ANDEVA para la evaluación del huevo promedio por jaula muestran un coeficiente de variación de 16.39 % para los resultados de las 24 unidades experimentales analizadas. Así mismo se puede observar que los valores de probabilidad tanto de la fuente de proteína como del suplemento de germen de trigo son menores al grado de significancia utilizado en esta evaluación ($\alpha = 0.05$); esto quiere decir que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto significativamente diferente en la cantidad de huevo producido por jaula.

El cuadro 8, presenta el análisis de varianza para la producción de huevo por día de los tratamientos evaluados en la planta MOSCAMED.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la producción de huevo por día.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	980.83	5			
Fuente	486	1	486	5.3	0.0361
Suplemento	541.5	1	541.5	5.91	0.0281
Fuente*Suplemento	216	1	216	2.36	0.1457
Error	1375.5	15	91.7		
Total	3599.8	23			
CV=16.39					

El cuadro 9, muestra la comparación de medias, con la interpretación Tukey para Fuente de proteína, el cual presento diferente clasificación entre fuente de proteína.

Cuadro 9. Comparación de medias, con la interpretación Tukey para fuente de proteína.

Fuente de Proteína	Media (ml/día)	Clasificación	
Lallemand	62.92	A	
ICN	53.92		B

La comparación de medias con suplemento y sin suplemento adicional de germen de trigo, se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Comparación de medias, con la prueba Tukey para suplemento adicional de germen de trigo.

Suplemento	Media (ml/día)	Clasificación	
Sin	63.17	A	
Con	53.67		B

El análisis de varianza (cuadro 10) indica que para la interacción entre ambos factores no existe diferencia significativa. Sin embargo si la existe para ambos factores por separado. Y se tiene que, para el factor fuente de proteína (cuadro 9); Lallemand tiene una

clasificación “A”, según Tukey. Y para suplemento adicional de germen (cuadro 10) como factor, se tiene como mejor dieta a aquellas que no poseen germen de trigo en su composición.

La figura 21 nos muestra el promedio para cada tratamiento evaluado, en donde el tratamiento Lallemand sin suplemento adicional de germen de trigo presenta un promedio significativamente mayor, a los demás tratamientos.

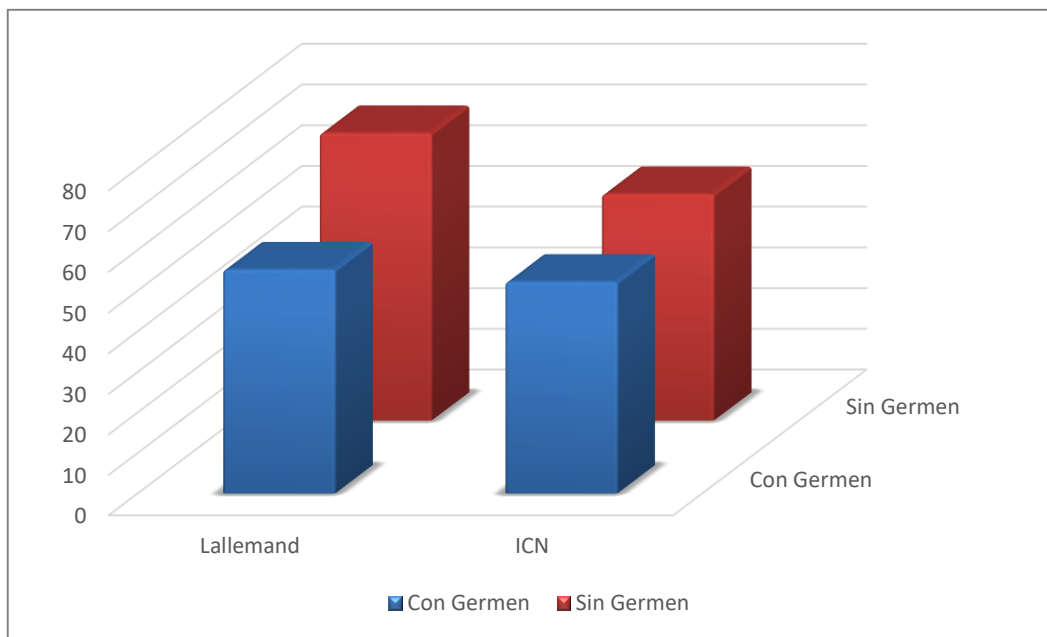
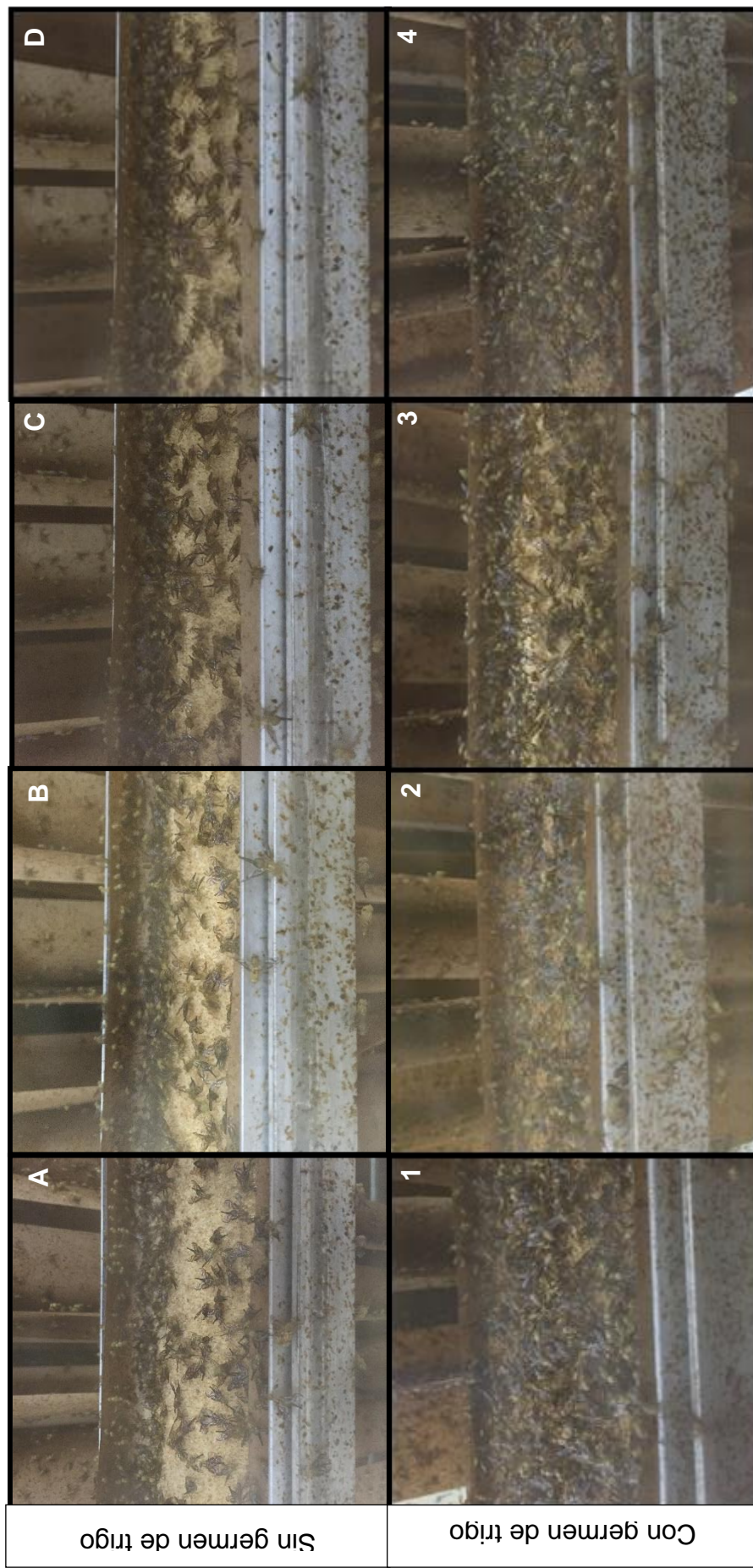


Figura 21. Gráfica de clasificación de los tratamientos según el huevo promedio (ml) durante un ciclo de oviposición por jaula.

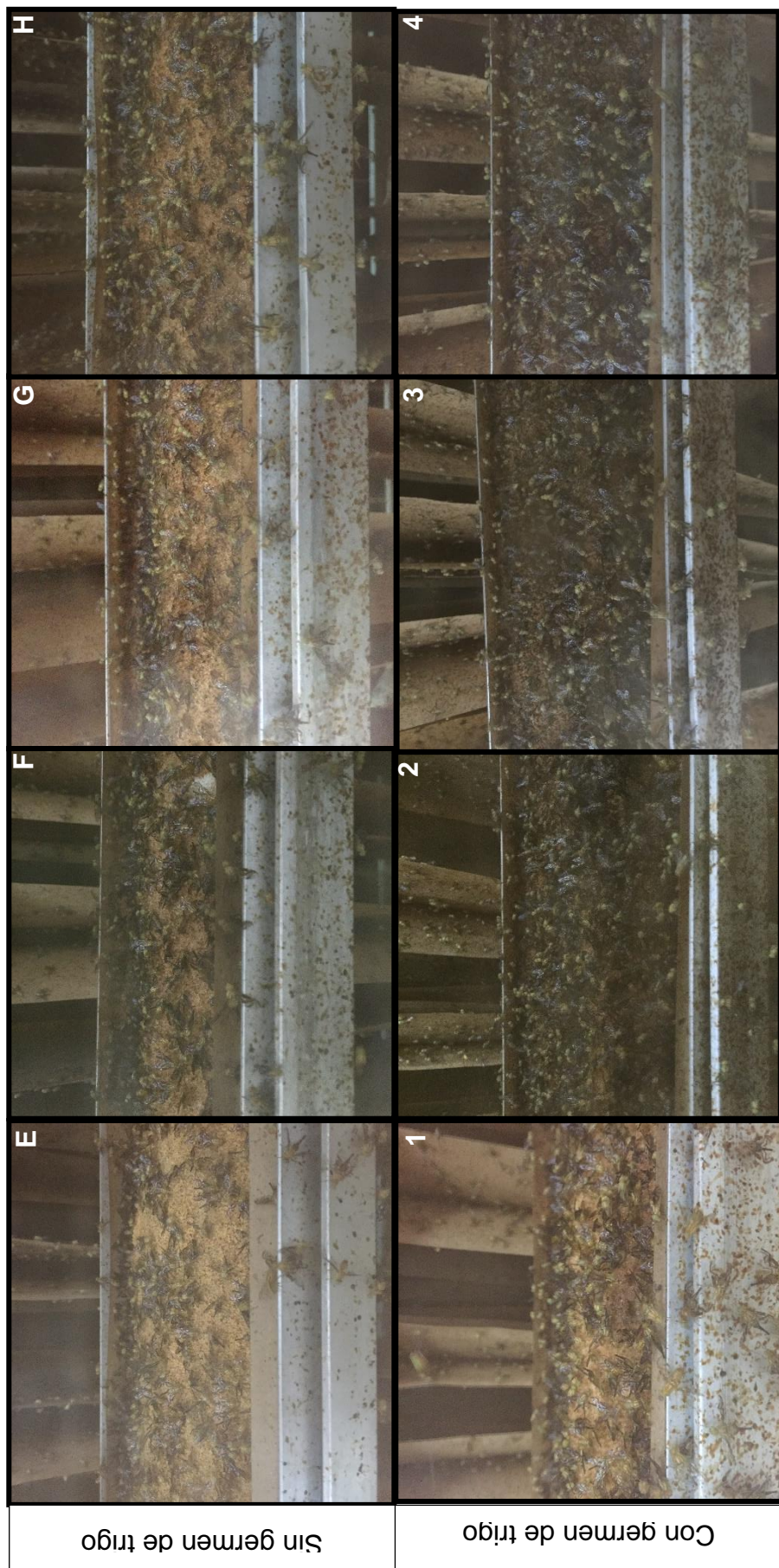
Esto puede deberse a que el germen de trigo en las dietas de mosca mexicana de la fruta causaban una barrera física a la alimentación de la misma, debido a que el tamaño de las partículas del germen ocasionaron que las moscas gastaran más energía en removerlas y así poder alimentarse de los demás componentes de la dieta. Por consiguiente se pudo observar que, en las dietas que no incluían germen de trigo como uno de sus componentes adicionales, presentaban una menor cantidad de moscas mexicanas de la fruta acumuladas en los recipientes de la dieta, a diferencia de las dietas con germen de trigo que presentaban acumulaciones de mosca de *A. ludens*.

Esto se puede observar en las figuras 22 y 23, la cual muestra una colección de fotos en línea de tiempo de los tratamientos evaluados en diferentes etapas de la oviposición.



A, 1: Día 2 de oviposición.
B, 2: Día 6 de oviposición.
C, 3: Día 8 de oviposición.
D, 4: Día 12 de oviposición.

Figura 22. Carrete de fotos de la alimentación de las moscas con fuente proteica Lallemand; con y sin germen de trigo, durante la etapa de oviposición San Miguel Petapa 2015.



E, 1: Día 2 de oviposición.
F, 2: Día 6 de oviposición.
G, 3: Día 8 de oviposición.
H, 4: Día 12 de oviposición.

Figura 23. Carrete de fotos de la alimentación de las moscas con fuente proteica ICN; con y sin germen de trigo, durante la etapa de oviposición San Miguel Petapa 2015.

Las figura 22 muestra dos series de fotografías. Las letras A, B, C, D muestran las fotografías de los tratamientos de la dieta Lallemand sin germen de trigo versus, los números 1, 2, 3, 4 en donde se muestran las fotografías de los tratamientos de la dieta Lallemand con suplemento de germen de trigo. Las fotos corresponden a todo un ciclo de oviposición que consta de 15 días. La foto A y la foto 1 son fotografías paralelas tomadas el segundo día del periodo de oviposición, que muestran la agrupación de las moscas mexicanas de frutas en el proceso de alimentación.

La fotografía "A" muestra una distribución de moscas casi sin sobresaturar la dieta, mientras que la foto 1 muestra una mayor cantidad de moscas, esto se debió a que el germen en todo el proceso de oviposición ocasionó una barrera física entre la Proteína y el azúcar, haciendo que las moscas se amontonasen en su intento por alimentarse. El mismo comportamiento se puede observar en las fotografías B-2, C-3 y D-4, el cual siempre la dieta con germen de trigo muestra un agrupamiento masivo de moscas en su superficie tratando de alimentarse.

El mismo procedimiento de comparación anterior se utiliza para la figura 23 la cual nos muestra las fotografías marcadas con letras para el tratamiento de dieta ICN sin germen de trigo adicional (E, F, G y H) en ella, versus las fotografías marcadas con números los cuales representan la misma dieta comercial pero con germen de trigo (1, 2, 3 y 4). Y también se puede apreciar el mismo comportamiento para estos tratamientos, en donde las dietas con germen muestran una mayor acumulación de moscas mexicanas de la fruta en comparación a las dietas sin germen E-1, F-2, G-3 y H-4, debido a la barrera física causada por las partículas de germen de trigo más grandes.

En base a lo mencionado con anterioridad podemos explicar por qué los tratamientos sin germen de trigo presentaron una media general mayor que las medias de los tratamientos con germen.

Goodman determino que la ausencia de ácidos grasos de germen de trigo en dietas de *Bactrocera dorsalis*, no tienen ningún efecto en los machos recién emergidos en la

expresión de los genes implicados en la producción de enzimas digestivas, sin embargo dichos genes comienzan a expresarse cuando el adulto tiene más de 11 días de emergencia y se agudiza mientras el insecto alcanza su adultez máxima. Esto puede explicar por qué las variables evaluadas no presentaron mayores diferencias en las dietas con germen de trigo, no obstante, evaluaciones con generaciones posteriores, ayudará a determinar si los ácidos grasos que contiene el germen de trigo, mejora la expresión de los genes digestivos y por ende las características físicas del insecto (Berndt, 2008).

B. Variables de calidad de la producción.

a. Porcentaje de eclosión

El cuadro 11 y 12, presenta los resultados obtenidos para la evaluación del porcentaje de eclosión a las 48 horas y porcentaje de eclosión a las 48 horas después de colecta por factor respectivamente.

Cuadro 11. Porcentaje de eclosión 48 horas después de la colecta.

Tratamiento		Porcentaje de eclosión de huevo (%)						Promedio
Proteína	Uso de Germen	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Lallemand	No	82.2	86.6	87	73.2	86	87.5	83.75
Lallemand	Si	88.8	85	73	77.6	84.5	87.5	82.73
ICN	No	85.2	82.2	87	83.6	80	81	83.17
ICN	Si	88.4	86.6	78.5	82.6	83.3	88.5	84.64

Cuadro 12. Promedio de porcentaje de eclosión 48 horas después de colecta por factor.

Fuente de Proteína	Germen		General
	Si	No	
Lallemand	82.73 %	83.75 %	83.24 %
ICN	84.64 %	83.17 %	83.905 %
General	83.685 %	83.46 %	83.572 %

El cuadro 13, presenta el análisis de varianza del porcentaje de eclosión de huevo a las 48 horas después de la realización de la colecta de huevo realizada durante los tratamientos evaluados.

Cuadro 13. Análisis de varianza del porcentaje de eclosión a las 48 horas después de la colecta de huevo.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	156.11	5			
Fuente	0.3	1	0.3	0.02	0.9029
Suplemento	2.6	1	2.6	0.13	0.7216
Fuente*Suplemento	9.25	1	9.25	0.47	0.5038
Error	295.77	15	19.72		
Total	464.03	23			
CV=5.31					

El cuadro 12 muestra los promedios de eclosión de huevo 48 horas después de colecta por cada factor. La diferencia que existe en el promedio de eclosión de huevo de la dieta Lallemand (83.24 %) es de 0.66 % con respecto al promedio de la dieta ICN (83.90 %). De igual forma no se tiene diferencia en el promedio de eclosión de huevo para el uso de germen de trigo (83.46 %) y la dieta que carecía del mismo (83.685 %).

El cuadro 12 muestra el análisis de varianza para los datos de porcentajes promedio de huevo eclosionado después de 48 horas de colecta en las jaulas de oviposición.

Este análisis de varianza muestra valores de p-valor para los efectos de las dos fuentes de proteína y el suplemento adicional de germen de trigo de: 0.9029 y 0.7216 respectivamente, por lo tanto no tienen efecto alguno en el porcentaje de eclosión 48 horas después de colecta de huevo de *A. ludens*. Esto pueda deberse a que la proteína consumida por las moscas, se vea reflejado únicamente en una mayor actividad de apareamiento y de cortejo, por lo tanto una buena alimentación de la mosca reflejara volúmenes mayores de huevo (Kendra et al., 2006).

b. Viabilidad del huevo

El cuadro 14 presenta los resultados obtenidos para la evaluación viabilidad de huevo antes de la siembra en dieta larval por tratamiento y repetición.

Cuadro 14. Porcentaje de huevo viable.

Tratamiento		Porcentaje de Huevo Viable (%)						Promedio
Fuente de Proteína	Suplemento	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Lallemand	No	87.4	88.8	88.5	89.6	89	89.5	88.8
Lallemand	Si	87.8	90.6	89.5	91	91	89.5	89.9
ICN	No	90.6	87.6	80.5	91	91.2	90.5	88.57
ICN	Si	92.4	91.8	83.5	91.2	89	87.5	89.23

El cuadro 15, muestra los promedios de huevo obtenido por cada factor evaluado.

Cuadro 15. Promedio de viabilidad de huevo por cada factor.

Fuente de Proteína	Germen		General
	Si	No	
Lallemand	89.9 %	88.8 %	89.35 %
ICN	89.23 %	88.57 %	88.90 %
General	89.565 %	88.685 %	89.125 %

En el cuadro 16, se presenta el análisis de varianza de la viabilidad de huevo de *Anastrepha ludens* (Loew).

Cuadro 16. Análisis de varianza de la viabilidad de huevo de *A. ludens*.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	68.02	5			
Fuente	1.21	1	1.21	0.21	0.6519
Suplemento	4.68	1	4.68	0.82	0.3804
Fuente*Suplemento	0.28	1	0.28	0.05	0.8276
Error	85.99	15	5.73		
Total	160.19	23			
CV=2.69					

La proteína Lallemand en general tuvo una viabilidad de huevo del 89.35, la cual difiere en un 0.45 % en comparación a la viabilidad de huevo que tuvo la dieta ICN. De igual manera se puede apreciar para el uso de germen de trigo en ambas dietas, cuya diferencia es de 0.88 %, es decir que para los cuatro factores no existió diferencia en cuanto a la viabilidad de huevo. Esto se comprueba en el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 16.

Los valores de probabilidad tanto para la fuente de proteína como el suplemento adicional de germen de trigo no presentaron diferencia significativa en el análisis, demostrando valores de p-valor mayores al grado de significancia $\alpha=0.05$, por lo tanto se puede decir que las dos fuentes proteicas y el suplemento adicional de germen de trigo evaluados en esta investigación no tienen efecto alguno en la viabilidad del huevo antes de ser sembrado en dieta larval.

c. Peso de larva

El cuadro 17 presenta los resultados obtenidos para la evaluación del peso de larva.

Cuadro 17. Peso de larva en miligramos.

Tratamientos		Peso de larva (mg)						Promedio
Fuente de Proteína	Suplemento	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Lallemand	No	27.95	24.50	28.22	27.98	25.27	26.61	26.76
Lallemand	Si	29.56	28.33	29.51	29.05	24.96	25.37	27.80
ICN	No	27.92	24.46	27.75	27.08	27.54	26.81	26.92
ICN	Si	27.67	25.52	29.71	29.52	29.23	27.82	28.25

En los cuadros 18, 19 y 20, se muestra los promedios del peso de larva por factor evaluado, el análisis de varianza para el peso de larva y la comparación de medias del suplemento de germen de trigo, respectivamente.

Cuadro 18. Promedio del peso de larva por factor.

Fuente de Proteína	Germen		General
	Si	No	
Lallemand	27.80	26.76	27.28
ICN	28.25	26.92	27.59
General	28.02	26.84	27.43

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de larva.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	30.36	5			
Fuente	0.57	1	0.57	0.35	0.5641
Suplemento	8.37	1	8.37	5.08	0.0396
Fuente*Suplemento	0.12	1	0.12	0.07	0.794
Error	24.71	15	1.65		
Total	64.12	23			
CV=4.68					

Cuadro 20. Comparación de medias, con la prueba Tukey para el suplemento de germen de trigo.

Suplemento	Medias	n.	E.E.	Clasificación
Si	28.02	12	0.37	A
No	26.84	12	0.37	B

El ANDEVA que se resume en el cuadro 19 demuestra que el germen de trigo en la dieta de la mosca sí provoca un efecto significativamente diferente en peso de larva, no así en el caso de la fuente proteica. Con un coeficiente de variación del 4.68 %, el valor de probabilidad para la evaluación anteriormente mencionada es de 0.0396. Indicando que para dicho factor el peso promedio larval difiere significativamente en cuanto a las dietas que carecían de germen de trigo en su composición.

Estos resultados reafirman los estudios de Ling Chang (2009), quien determinó en investigaciones previas que el efecto del germen de trigo en dietas larvales incrementa considerablemente las características físicas de la mosca mexicana de la fruta, en este

caso la larva presentó un mayor peso para las dietas que contenían germen de trigo en su composición, en comparación con las dietas que carecían del suplemento adicional.

El Laboratorio Moscamed San Miguel Petapa también determinó que en relación al peso y tamaño de la larva; los adultos que de estas emerjan presentarán un mejor desarrollo sexual y físico, por lo tanto su efectividad en el control TIE aumenta considerablemente. Sin embargo los tratamientos que no incluían germen de trigo presentaron una media de 26.84 mg/larva, el cual es considerado para el laboratorio como un peso adecuado y por arriba del valor crítico que es de 22 mg/larva (Aldana 2015).

C. Discusión general

Para los análisis de la calidad del insecto, en este caso: el porcentaje de eclosión a 48 horas después de la colecta, el porcentaje de viabilidad del huevo antes de la siembra. Las dos dietas comerciales y la presencia o ausencia del suplemento adicional de germen de trigo no causaron efectos significativos en dichas variables. Sin embargo si se obtuvo una diferencia significativa en cuanto al peso promedio de la larva, indicando así que el germen de trigo, tiene un efecto positivo en cuanto al incremento del peso de *A. ludens* en su estado larval.

Los tratamientos evaluados producen el mismo efecto en las variables de porcentaje de eclosión 48 horas después de la colecta y en la viabilidad de huevo antes de la siembra, no así en el caso de la variable del peso promedio por larva, siendo el tratamiento con germen de trigo el que presenta el mejor resultado independientemente de la fuente de proteína empleada. Por tal motivo se establece que todos los tratamientos evaluados, sí cumplen con los parámetros de calidad al compararse con la dieta para mosca adulta que la institución ha utilizado hasta ahora (ICN sin germen de trigo).

Para el análisis de la variable de producción de huevo se determinó que la marca comercial Lallemand sin suplemento adicional de germen de trigo fue la mejor en términos de producción promedio de huevos al día por jaula. Los análisis demuestran que la dieta

Lallemand sin suplemento adicional de germen de trigo presenta una producción de huevo mayor a la de los demás tratamientos evaluados. Superando incluso a la producción que se tiene por la dieta ICN sin germen de trigo (55.67 ml/día) que maneja la institución como insumo principal en la alimentación de mosca adulta de *A. ludens*, es decir, que la dieta Lallemand sin germen de trigo (70.67 ml/día) supera los estándares de cantidad en producción de huevo que la institución tenía en el tiempo de esta investigación.

Para la dirección del programa Moscamed Petapa, es más importante el volumen de huevo obtenido en oviposición que el peso promedio de larva, debido a que los envíos que se hacen al extranjero, demandan cuantiosas cantidades de moscas para la liberación en el control autocida, por consiguiente una cantidad mayor de moscas representa una mayor cantidad de huevo disponible para la institución. Por lo tanto podría decirse que todas las dietas evaluadas mantienen los estándares de calidad para las variables porcentaje de eclosión a las 48 horas después de la colecta de huevo, porcentaje de viabilidad de huevo y el peso promedio de larva. Sin embargo, se recomienda para investigaciones futuras determinar si el peso de la larva es un factor que influya en la producción de huevos en la siguiente generación de moscas, estudios por Hernández et al. (2010) lograron demostrar que la alimentación de moscas de *Anastrepha striata* presentan un efecto hasta la tercera generación.

Como lo demuestran las figuras 22 y 23, el germen de trigo adicionado en las dietas tiene un efecto negativo, debido a la barrera física que se crea cuando las moscas de *A. ludens* se alimentan de las fuentes de carbohidratos y proteínas que se encuentran en la parte superior de la dieta. Haciendo que las partículas más grandes de germen de trigo permanezcan en la dieta, obstruyendo no solo el acceso a las fuentes principales de carbohidratos y proteínas, sino causando que el tiempo de alimentación por mosca se incremente considerablemente. Y por consiguiente muchas más moscas permanecerán encima de la dieta tratando de obtener su alimento y otras más tratarán de tener acceso al mismo. Por ende las moscas utilizaron muchas más calorías en tratar de alimentarse que en la copula y oviposición misma.

Esto se demuestra en los resultados obtenidos para la variable producción de huevo

(figura 21), la cual demuestra que los tratamientos evaluados sin germen de trigo tienen un promedio de huevos por jaula por día mayor a los tratamientos evaluados con suplemento adicional de germen de trigo en la dieta.

2.5.2 Análisis comparativo de costos

El análisis comparativo de costos en esta evaluación integra los resultados en base a los análisis estadísticos obtenidos. El cuadro 21 muestra la jerarquización de cada uno de los tratamientos en base a la producción promedio de huevo por jaula por día (ml) y el peso promedio de larva (mg), siendo la “A” la más alta y “B” la más baja. Mahecha (2008) define estos tipos de jerarquización como a la selección de los factores significantes de la evaluación y el costo que este representa.

Para la clasificación de los tratamientos en base a la producción promedio de huevo, se tiene a la proteína Lallemand sin uso de germen de trigo la cual representa a la dieta más barata y con el mejor promedio de producción de huevo por día, por lo tanto presenta una clasificación “A” dentro del cuadro de resultados. La dieta más cara y con la producción promedio más baja se encuentra el tratamiento con proteína ICN con germen de trigo, el cual presenta una clasificación “B”, siendo esta la más baja en el cuadro del análisis de los costos comparativos por dieta.

El cuadro 21 muestra la jerarquización de cada uno de los tratamientos en base a la producción promedio de huevo por jaula por día (ml) y el peso promedio de larva (mg).

Cuadro 21. Clasificación de tratamientos y comparación entre costos.

Proteína	Uso de Germen	Costo Total (Q)	Clasificación por Producción de Huevo (ml/día)			Clasificación por Peso de Larva (mg)		
			A	B	C	A	B	C
Lallemand	No	208.01	A	71	Q 2.92	B	26.76	Q 7.77
Lallemand	Si	211.59	A	56	Q 3.78	A	27.80	Q 7.61
ICN	No	291.57	B	55	Q 5.30	B	26.92	Q 10.83
ICN	Si	295.15	B	52	Q 5.68	A	28.25	Q 10.44

Para la clasificación de los tratamientos en cuanto al peso promedio por larva, se tiene como mejor tratamiento a la dieta ICN con germen de trigo (28.25 mg/larva) con un costo por kilogramo de 295.15, dicha dieta tuvo resultados mayores en comparación a la dieta con proteína ICN que carecía de germen de trigo (26.92 mg/larva) en su composición. Así mismo para la dieta con proteína Lallemand con germen de trigo (27.80 mg/larva) se tiene una media ligeramente mayor que la dieta Lallemand sin germen de trigo (26.76 mg/larva).

Sin embargo, a pesar que el análisis de medias Tuckey establezca diferencia entre la clasificación en las dietas evaluadas, los miligramos de diferencia entre cada uno no tienen relevancia, dado a que la evaluación no analizó los individuos adultos de la siguiente generación.

Según la clasificación Tuckey para la producción de huevo por día, como el peso de la larva, existen únicamente dos categorías, la clasificación "A" y "B", siendo la clasificación "A" la dieta con los mejores resultados. La dirección del programa Moscamed, San Miguel Petapa le atribuye a la producción de huevo, como la variable de mayor interés, debido a la demanda interna de huevo de *A. ludens* dentro de la planta de producción en los diferentes procesos productivos. Por lo tanto la dieta que presenta los mejores resultados en cuanto a producción de huevo (71 ml/día) y en peso de larva (27.80 mg/larva), es la dieta Lallemand con uso de germen de trigo adicional en ella, con un costo por kilogramo de Q 208.01.

2.6 Conclusiones

1. La dieta Lallemand sin suplemento adicional de germen de trigo (T1 o Lallemand sin germen) es la dieta que mantiene los estándares de calidad en cuanto al porcentaje de eclosión 48 horas después de la colecta, siendo este de 83.75 % y la viabilidad del huevo antes de la siembra el cual es de 88.8 %, comparado a la dieta estándar o testigo (ICN sin suplemento de germen de trigo) con 83.17 % y 88.57 % en porcentaje de eclosión y viabilidad de huevo respectivamente.

2. La dieta Lallemand sin germen de trigo supera también a la dieta estándar o testigo (ICN sin suplemento de germen de trigo) tanto en términos de producción promedio de huevo por jaula por día como en el costo, siendo este de 71 mililitros con un costo promedio de Q2.92/ml/día, versus los 55 mililitros por jaula por día de la dieta ICN sin germen de trigo con un costo promedio de Q5.30/ml/día.

2.7 Recomendaciones

1. Se recomienda validar los resultados obtenidos para la dieta con fuente de proteína Lallemand sin suplemento adicional de germen de trigo para su utilización en la producción a gran escala de mosca mexicana de la fruta, debido a que dicha dieta induce una mayor producción de huevo en las moscas y estas no presentan dificultad física alguna para llevar a cabo su alimentación. Además que dicha dieta cumple con los estándares de calidad y supera los estándares de cantidad, establecidos por la directiva de producción de la comisión Moscamed, San Miguel Petapa.
2. Se recomienda para investigaciones futuras determinar si el peso de la larva es un factor que influya en la producción de huevos en la siguiente generación de moscas.
3. Debido a que el germen de trigo si presenta un efecto positivo en el peso de larva, se recomienda evaluar el suplemento adicional de germen de trigo en las dietas de mosca con una menor granulometría para que estas no impidan la alimentación de las moscas y no causen una barrera física en dicho proceso.

2.8 Bibliografía

1. Aldana, A. 2015. Relación del peso de la larva y la capacidad voladora de la mosca adulta en *Anastrepha ludens* (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed, Dirección General.
2. Aluja, M; Norrbom, A. 1999. Fruit flies: phylogeny and evolution of behavior. US, CRC Press. 984 p.
3. Bateman, MA. 1972. The ecology of fruit flies. *Review of Entomology* 17:493-518.
4. Bautista, E. 2008. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en la agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 210 p.
5. Berndt, C; Lillig, CH; Holmgren, A. 2008. Thioredoxins and glutaredoxins as facilitators of protein folding. *Biochim. Biophys. Acta* 1783:641–650.
6. Chang, CL. 2009. Evaluation of yeasts and yeast products in larval and adult diets for the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, and adult diets for the medfly, *Ceratitidis capitata*, and the melon fly, *Bactrocera curcurbitae*. *Journal of Insect Science* 9:23. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en insectscience.oxfordjournals.org/content/9/1/23
7. _____. 2013. Diet-induced over-expression of flightless-i protein and its relation to flightlessness in mediterranean fruit fly. Honolulu, Hawaii, US, University of Hawaii. 389 p.
8. Coudron, TA; Chang, LC; Goodman, CL; Stanley, D. 2010. Dietary wheat term oil influences gene expression in larvae and eggs of the oriental fruit fly. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 76(2):67-82.
9. Cresoni-Pereira, C; Zucoloto, FS. 2001. Influence of quantities of brewer yeast on the performance of *Anastrepha obliqua* wild females (Diptera, Tephritidae). *Iheringia, Sér. Zool.* no.91:53-60.
10. Droney, DC. 1996. Environmental influences on male courtship and implications for female choice in lekking hawaiian drosophila. *Anim. Behav.* 51: 821-830.
11. Goodman, C; Chang, CL; Coudron, TA; Stanley, D; An, S; Song, Q. 2010. Wheat germ oil in larval diet influences gene expression in adult oriental fruit fly. *J. Insect. Physiol.* 56:356–365.
12. Gutiérrez, A. 2016. Porcentaje de incremento en la producción de huevo de *Ceratitidis capitata* con germen de trigo (comunicación personal). Laguna El Pino,

Barberena, Santa Rosa, Programa Moscamed, Departamento de Investigación.

13. _____. 2016. Tamaño de partículas del germen de trigo en la alimentación de moscas de la fruta (comunicación personal). Laguna El Pino, Barberena, Santa Rosa, Programa Moscamed, Departamento de Investigación.
14. Hernández, E; Rivera, PJ; Orozco-Dávila, D; Salvador, M; Toledo, J. 2010. An artificial larval diet for rearing of *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 93(2):167-174
15. Kendra, P; Montgomery, WS; Epsky, N; Heath, R. 2006. Assessment of female reproductive status in *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). US Florida Entomologist 89(2):144-151.
16. Lallemand Bio-Ingredients. 2015. Yeast extracts (en línea). US. Consultado 15 mar. 2015. Disponible en <http://www.bio-lallemand.com/products/fermentation-nutrient-ingredients/>
17. Leal, TABS; Zucoloto, FS. 2008. Oviposition behavior in wild *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae): initial study of associative learning related to a protein source. Psychol. Neurosci. 1(2).
18. Lima Fontellas, TM De. 1999. Nutritive value of diets with different carbohydrates for adult *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera, Tephritidae). Rev. Bras. Zool. 16(4):1135 -1147.
19. Lima Fontellas, TM De; Zucoloto, FS. 1981. Estudio sobre una mejor concentración de aminoácido en la alimentación de *Anastrepha obliqua*. Rev. Bras. Biol. 41: 75-79.
20. López, DC; Mahecha, CA; Acevedo, L; Hoyos, LJ. 2008. Análisis jerárquico de variables de operación de una torre de destilación de crudo usando datos de planta, modelos de simulación y diseño de experimentos. Revista ION 21(1):7-16.
21. López, M. 2015. Relación alimento-oviposición en *Anastrepha ludens* (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed, Dirección General.
22. Moscamed (Programa Moscamed, Guatemala). 2011. Informe institucional 2011 (en línea). Guatemala. Consultado 05 ago. 2015. Disponible en <http://moscamed-guatemala.org.gt/2014/doc/InformeInterinstitucional.pptx>
23. MP Biomedicals. 2014. Yeast hydrolyzate enzymatic; catalog number: 103304 (en línea). US. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en [http://www4.mpbio.com/ecom/docs/proddata.nsf/\(webtds2\)/103304](http://www4.mpbio.com/ecom/docs/proddata.nsf/(webtds2)/103304)

24. Orozco-Dávila, D; Hernández, R; Solís, E; Quintero, JL; Domínguez, J. 2006. Establishment of a colony of *Anastrepha ludens* (Diptera: *Tephritidae*) under relaxed mass-rearing conditions in México (en línea). In International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance (7, 2006, Salvador, Brazil). Fruit flies of economic importance: from basic to applied knowledge, Proceedings. Brazil. p. 335-339.
25. Shelly, TE; Kennelly, SS; McInnis, DO. 2002. Effect of adult diet on signaling activity, mate attraction, and mating success in male mediterranean fruit flies (Diptera: *Tephritidae*). Florida Entomologist 85(1).
26. USDA, US. 2015. Wheat germ nutrients value (en línea). US. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/6542?format=Full&reportfmt=pdf&pdfQvs=%7B%7D>
27. Wee, LY. 2010. Yeast extract: sucrose ratio effects on egg load, survival, and mortality caused by gf-120 in western cherry fruit fly (Diptera: *Tephritidae*). Florida Entomologist 93(3):422-431.
28. Yuval, B; Hendrichs, J. 1996. Fruit flies (*Tephritidae*): phylogeny and evolution of behavior. US, CRC Press. 429 p.
29. Yuval, B; Kaspary, R; Shloush, S; Warburg, MS. 1998. Nutritional reserves regulate male participation in mediterranean fruit fly leks. Ecol. Entomol. 23:211-215.
30. Zavala, JL; Domínguez, J; Gómez, S; Moreno, P. 1997. Mass rearing of the mexican fruit fly, *Anastrepha ludens*, at the fruit flies biofactory in Metapa de Dominguez, Chiapas, México. México, Programa Moscamed. p. 43-51.

SERVICIOS PRESENTADOS AL LABORATORIO MOSCAMED

3.1 Presentación

En este apartado se presenta un resumen de los servicios que fueron realizados para el programa Moscamed, en el laboratorio de San Miguel Petapa, durante la ejecución del “Ejercicio Profesional Supervisado” –EPS-. Dichos servicios se pueden clasificar en dos categorías que son: servicios planificados y servicios no planificados.

Los servicios planificados se definieron en base a un diagnóstico realizado en el laboratorio y las necesidades investigativas de la dirección del mismo en el inicio del EPS, las cuales radicaban en la validación de varios tipos de jaula para definir las características físicas (tamaño, densidad de moscas, panel de oviposición, entre otros) que se deben considerar al momento de diseñar una jaula para la oviposición.

Así también el diseño de un sistema automático de colecta de huevo que permitiera una colecta de huevo rápida y homogénea en el área de oviposición del laboratorio y que a su vez proteja el huevo colectado de la deshidratación en el ambiente de las salas. Por lo tanto los servicios planificados son: el diseño e implementación de un sistema automático de colecta de huevo de mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* (Loew) y la evaluación de diferentes tipos de jaula para la cría de *A. ludens*.

El diseño e implementación de un sistema automático de colecta de huevo de *A. ludens* consistió en la elaboración de un sistema de provisión de agua presurizada en los paneles de oviposición de las jaulas, para recoger todo el huevo ovipositado y así evitar el uso del personal operativo en la colecta manual de huevo. Dicho diseño también fue realizado para evitar el uso excesivo del agua dentro de las salas de oviposición.

La evaluación de 5 tipos de jaula para la cría de *A. ludens* consistió en determinar el tipo de jaula que produce una mayor cantidad de huevo de *A. ludens* colectado en sus paneles de oviposición y poder así establecer una línea de partida en la reingeniería de una jaula que permita mejorar la producción de huevo y evitar el uso de personal operativo excesivo en la limpieza y preparación de las jaulas que actualmente tienen en uso dentro de la

planta.

Los servicios no planificados fueron servicios realizados cuando un problema ocurría dentro de la planta de producción de *A. ludens*. Es decir que; los servicios que se detallan en la sección de servicios no planificados surgieron ante una necesidad en cualquier área de trabajo dentro de la planta y no se tenía personal operativo disponible o capacitado que pudiera proveer una solución ante la problemática que se dio en determinado momento, y por lo tanto, dichos servicios no fueron identificados en el diagnóstico realizado

Los resultados obtenidos, tanto de los servicios planificados como en los no planificados son:

3.2 Diseño e implementación de un sistema automático de colecta de huevo de mosca mexicana de la fruta.

3.2.1 Objetivos

- Diseñar un sistema automático de colecta de huevo.
- Implementar el sistema automático de colecta en la sala de oviposición de la planta de producción de *A. ludens*.

3.2.2 Metodología

La sala de oviposición forma parte del área de producción de huevo de mosca mexicana de la fruta, en ella se realizan 4 actividades primarias que son:

- Limpieza y lavado de jaulas.
- Monitoreo y manejo de jaulas en pre y oviposición.
- Monitoreo de la alimentación de la mosca.
- Colecta y cuantificación de huevo ovipositado.

En la actividad de colecta y cuantificación de huevo ovipositado, el laboratorio se veía en

la necesidad de implementar un sistema que automáticamente colectara el huevo ovipositado de *A. ludens*, debido a que si este pasa mucho tiempo en el panel de oviposición se deshidrata y por lo tanto el embrión muere. Esto a su vez involucraba incrementar la cantidad de personal que se encargara de recoger dicho huevo de manera manual.

Se diseñaron los planos del sistema automático de colecta en la sala de oviposición de la mosca mexicana de la fruta, se diseñaron en el software de dibujo "AutoCAD".

La sala de oviposición tiene 33.6 metros de largo, y 13 metros de ancho. Las hileras de jaulas que la planta de producción mantiene en oviposición simultánea son de 13 a 14, sin embargo por motivos de limitación de materiales y tiempo del personal operativo el diseño automático de colecta de huevo fue diseñado únicamente para 10 hileras de jaulas.

Los planos del diseño de colecta automático fueron presentados a la dirección de la planta Moscamed San Miguel Petapa, para su evaluación y consideración previa a la instalación de dicho diseño en las salas de incremento.

Posteriormente se coordinó con la dirección del laboratorio y los supervisores de oviposición y el taller de estructuras y mantenimiento para la implementación del sistema dentro de la sala, para establecer las fechas en las que el sistema de colecta sería implementado.

Finalmente fue instalado el sistema automático de colecta de huevo en las salas de oviposición en donde se realizaron pruebas de funcionamiento y la evaluación de los tiempos y movimientos de la colecta en el nuevo sistema instalado, comparado con la colecta manual.

3.2.3 Resultados

Las figuras 24 y 25 muestran el sistema implementado para la colecta automática del huevo de *A. ludens*, los cuales tomaron como base los planos de la sala de oviposición de la institución ubicada en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala.

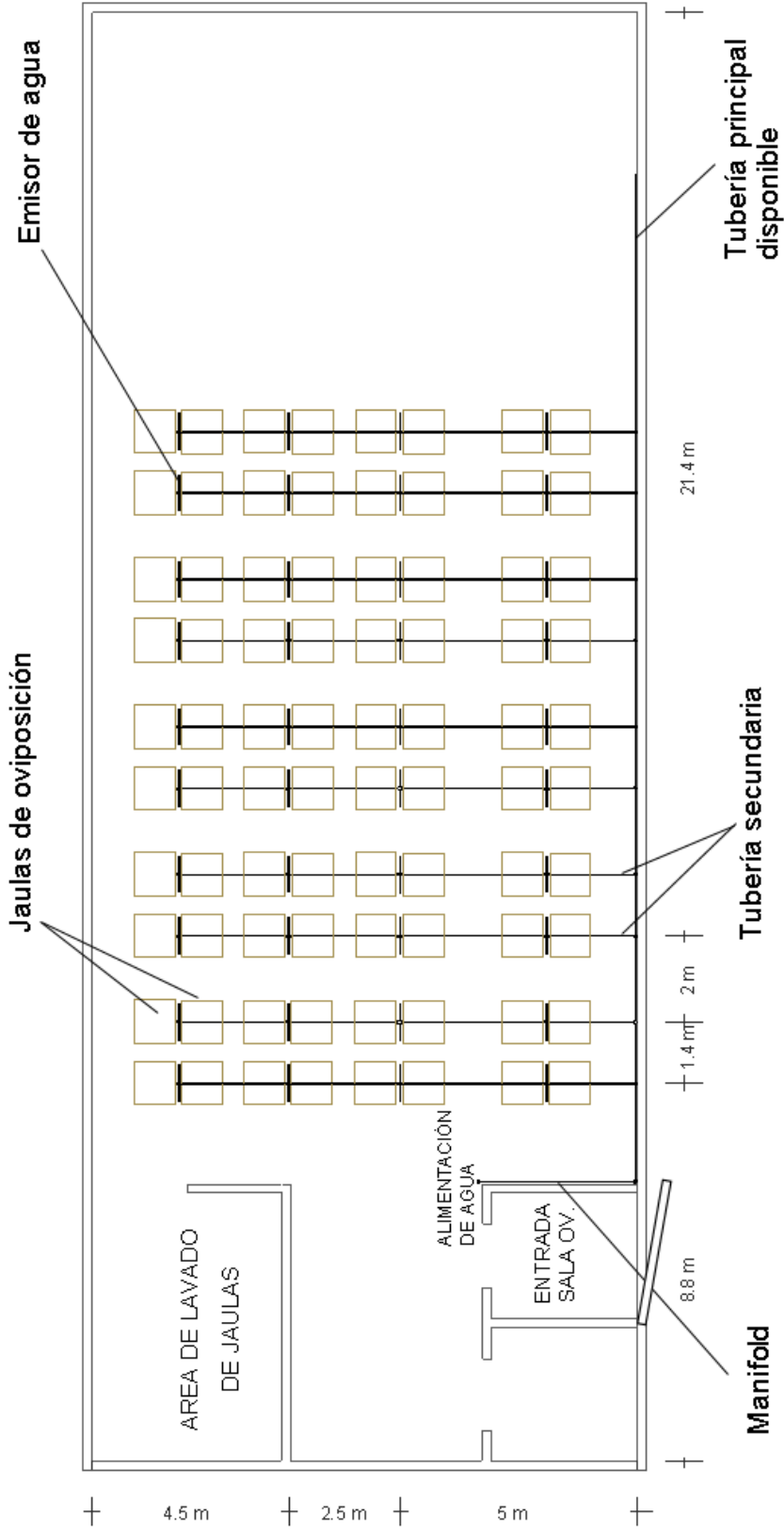


Figura 24. Sistema automático de colecta de huevo de *A. ludens* en la sala de oviposición (vista de planta).

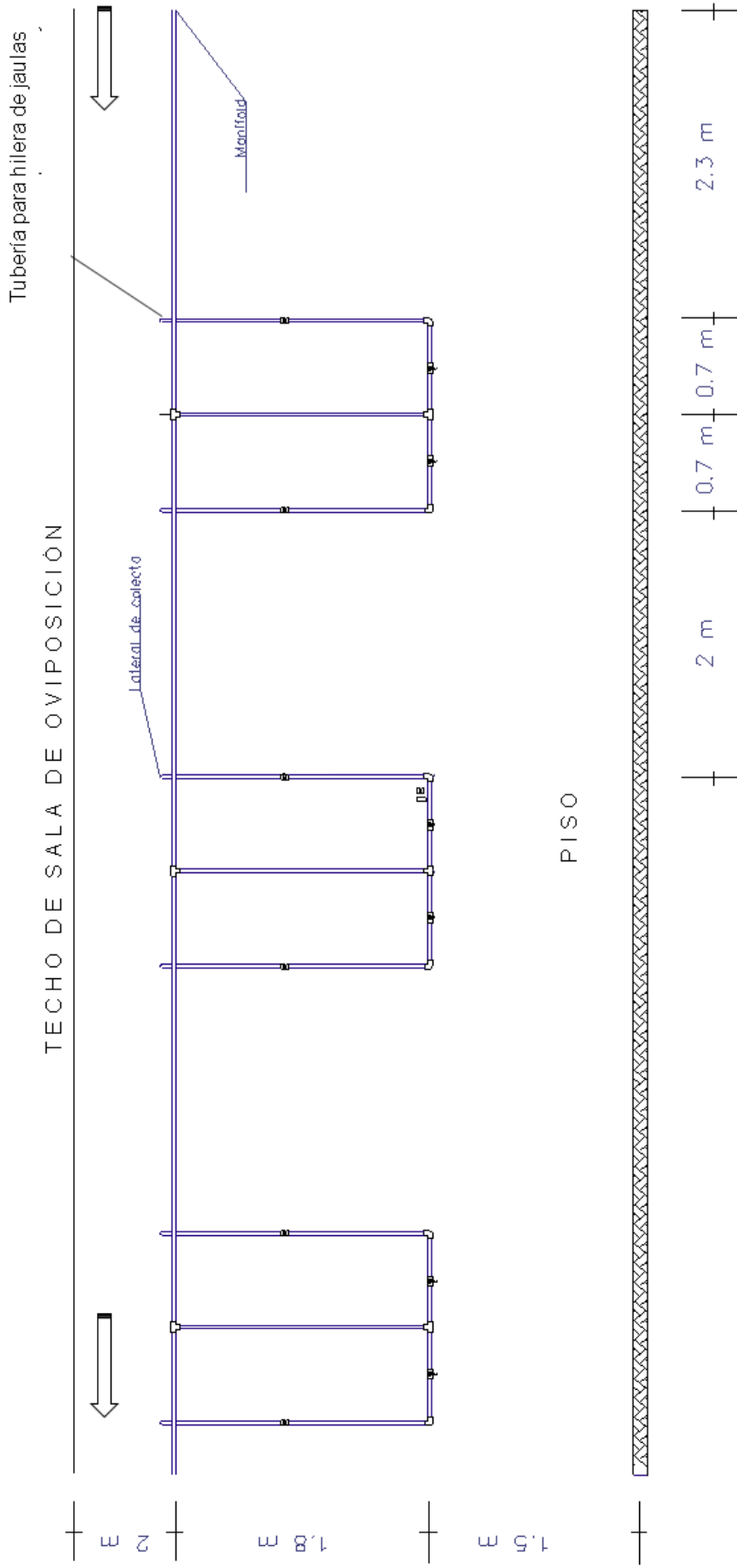


Figura 25. Vista de perfil del sistema automático de colecta de huevo de *A. ludens* en tres hileras de jaulas.



Figura 26. Jaulas sin sistema de colecta automática de huevo.

La metodología de colecta manual del laboratorio se realizó mediante personal que se encargaba de coleccionar el huevo ovipositado de manera manual, con la utilización de manguera y agua y recipientes plásticos. Se realizan de 2 a 5 colectas diarias distribuidas de 7:00 am a 17:00 pm con una tabla “Shanon” que registró la cantidad de huevo por colecta (figura 26).

La colecta manual involucra una persona fija al día que se encarga de realizar las labores, esto a su vez dejaba a criterio de la persona encargada la cantidad de agua a utilizar. Con el sistema automático solo se tenía que utilizar por cortos periodos de tiempo a la persona que se encargue de recoger el huevo colectado por el sistema y la utilización del agua por el sistema también era más controlado.

La tubería del sistema es de hierro galvanizado, proveyendo al sistema de colecta protección leve contra la corrosión. Las laterales para la colecta de huevo y las tuberías principales tienen un diámetro de 1½ pulgadas. Y las mangueras para cada jaula son de ¾ de pulgada, las cuales alimentan a los aspersores para recoger el huevo de *A. ludens*

de los paneles de oviposición (figura 29). Las “tes”, los codos y las uniones universales también son de hierro galvanizado, y las llaves de paso de cada hilera son de cobre (figura 27).

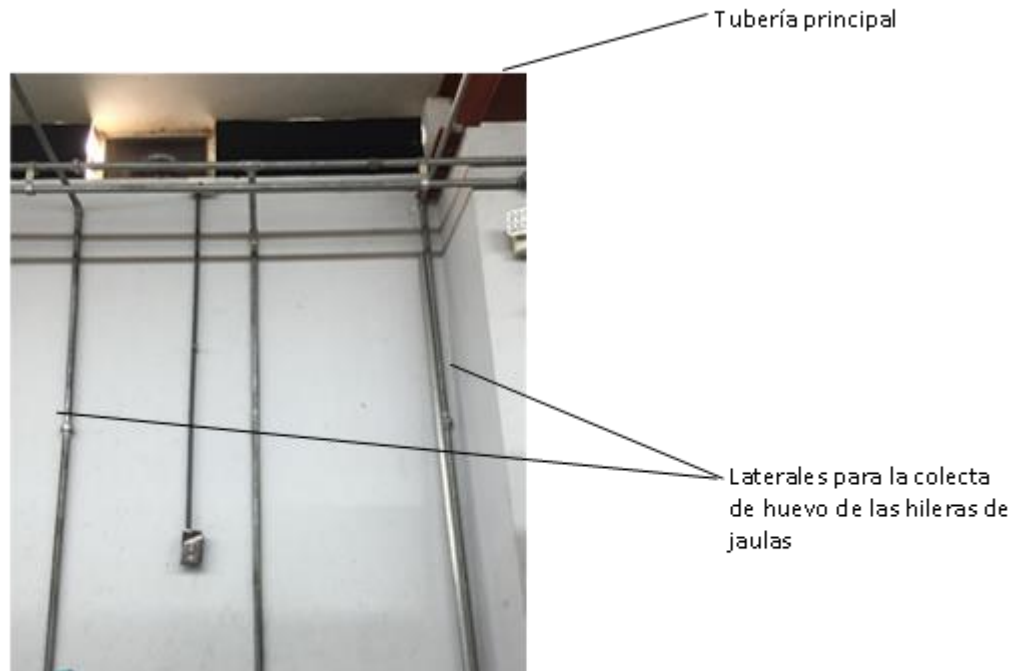


Figura 27. Hilera con sistema automático de colecta de huevo de *A. ludens*.

La figura 28 muestra la manguera que conecta al par de jaulas con el emisor, el emisor consta de un tubo ciego de pvc de $\frac{3}{4}$ de pulgada, dicho emisor fue diseñado por el personal operativo del área de mantenimiento de la planta. El tubo ciego de pvc contiene de 100 a 120 agujeros ordenados a lo largo de todo el tubo para distribuir el agua homogéneamente dentro de los paneles de oviposición del par de jaulas (figura 29).



Figura 28. Manguera conductora al emisor de agua.

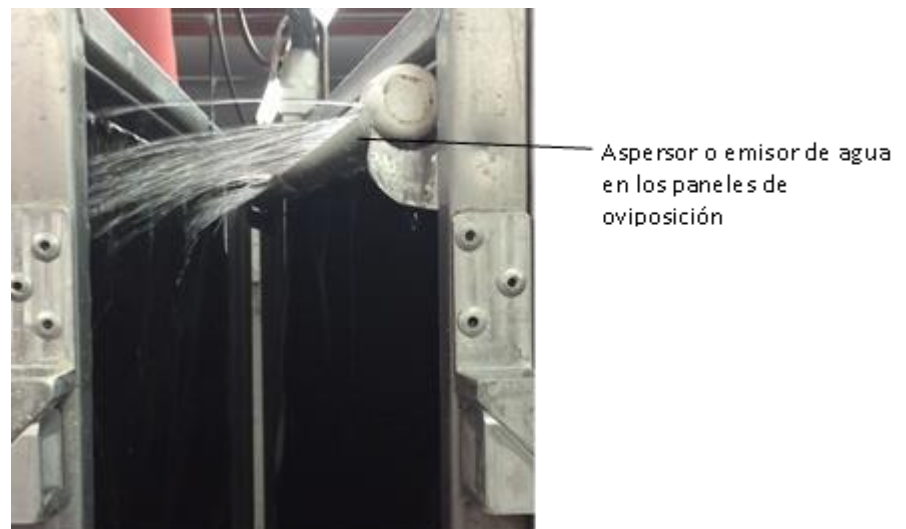


Figura 29. Emisor de agua irrigando los paneles de oviposición.

El cuadro 22 presenta el tiempo para la colecta de los huevecillos de mosca mexicana de la fruta del sistema automático, como también el tiempo de colecta del sistema manual.

Las diferencias en tiempo son bastante notables, ahorrando un aproximado de 3 horas hombre diarias, el que el personal operativo puede emplear en cualquier otra actividad. Los valores totales diarios están calculados en 10 hileras de jaulas en oviposición y dos colectas por día, actividades que actualmente realiza el programa durante el establecimiento del diseño automático de colecta.

Cuadro 22. Tiempos de colecta de huevo con el sistema automático de colecta y el sistema manual.

TIEMPO (Min) POR HILERA DE 8 JAULAS			
Actividad		Colecta Manual	Colecta Automática
Colecta de huevo		12	0.2 (12 seg.)
Unificación del vol. total de huevo		7	7
Traslado a burbujeo		3	3
TOTAL		22	10.2
TOTAL AI DIA	Minutos	440	204
	Horas	7.3	3.4

3.2.4 Evaluación

Con este servicio se satisfizo la necesidad establecida en el diagnóstico realizado, la cual se enfatizó en evitar el uso excesivo de agua y disminuir las horas hombre utilizadas en la colecta de huevecillo de *A. ludens*, elaborando el sistema automático de colecta de huevo de *A. ludens* y analizando su factibilidad dentro de la sala de oviposición.

Las horas que se ganan a favor del programa son de aproximadamente 3 horas hombre por día, dicho tiempo pudiera emplearse en otras actividades dentro de los diferentes procesos productivos de la planta. Además, debido a que el sistema automático de colecta contempla un caudal constante y el tiempo de apertura ya está establecido, se utiliza menos agua al coleccionar el huevo de *A. ludens* que el agua que utiliza un operativo al coleccionar el huevo manualmente con manguera.

No fue posible la evaluación de la calidad de huevo coleccionado del sistema automático

comparado al sistema manual, debido al tiempo del ejercicio profesional supervisado – EPS-, pero se cree que el sistema automático de colecta tiene un efecto positivo en la calidad del huevo de *A. ludens*, debido a que está determinado por la dirección de la planta, que mientras más rápido el huevo sea colectado en agua, este tendrá menos deshidratado el coreón y este presentara por lo tanto una viabilidad y un mejor porcentaje de eclosión.

Por motivos de tiempo y presupuesto no fue posible incorporar dentro del sistema automático de colecta: un filtro en la entrada del manifold, la integración de un sistema de reutilización del agua y la implementación del sistema de colecta en las hileras de jaulas faltantes.

3.3 Evaluación de cinco tipos de jaulas de oviposición para mosca mexicana de la fruta.

3.3.1 Objetivos

- Evaluar 5 tipos de jaula para producción de huevo de *A. ludens*, desde el punto de vista de la producción de huevos por hembra.

3.3.2 Metodología

Como toda entidad productiva, el programa Moscamed San Miguel Petapa, busca constantemente mejorar la producción y los procesos de cada una de las áreas de trabajo dentro del laboratorio de cría de *A. ludens*. Por consiguiente la dirección del laboratorio, busca elaborar una jaula de oviposición para mosca adulta que mejore las características del huevo ovipositado, permita un fácil manejo y tenga un efecto positivo en la copulación de los insectos, reflejándose en términos de producción de huevecillo.

Por lo tanto, la finalidad principal de este ensayo fue determinar qué tipo de jaula presenta una mayor producción de huevos por hembra de *A. ludens*. Tomando como base las jaulas utilizadas en el laboratorio, se estableció la forma, el tamaño de los cinco tipos de

jaula evaluadas.

La variable evaluada la producción fue huevos por hembra, esta variable toma el promedio de huevos ovipositados entre el número de hembras por jaula, debido a todas las jaulas evaluadas tenían diferentes tamaños una con otra.

Se coordinó con la dirección del laboratorio para determinar qué tipo de material biológico se utilizaría y que tipos de jaulas se tomarían en cuenta para la evaluación. Todo esto con la finalidad de proveer un ensayo más elaborado para la institución.

El número de huevos ovipositados por cada hembra se calcula mediante la división de la cantidad de huevo producido entre el número de hembras que se tenían en la jaula. La relación de moscas macho a hembra que se manejó para este ensayo fue de 1:1.

El cuadro 23 lista las jaulas evaluadas, cada jaula fue nombrada según su ancho (figura 30). La columna de moscas, indica la cantidad de individuos con la cual deben llenarse las jaulas sin embargo la densidad promedio de moscas adultas es de 63 moscas por gramo, y su cantidad se mide dentro de un cuarto frío a 5 °C para que entren en estado de dormancia y así poder cuantificarlas en una balanza. Dicha cantidad fue establecida por la dirección del laboratorio de San Miguel Petapa mediante investigaciones previas.

Cuadro 23. Jaulas evaluadas y cantidad de moscas utilizadas.

Ancho de la jaula	Densidad moscas	Mosca a utilizar según tamaño de jaula (kg.)
a: 12"	28000	0.44
b: 6"	14000	0.22
c: 3"	7000	0.11
d: 2"	4660	0.07
e: 2" SP	4660	0.07

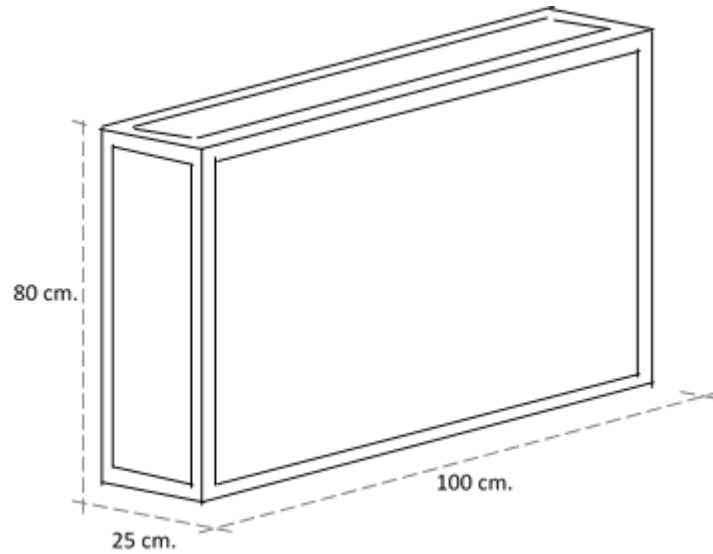


Figura 30. Boceto de la jaula de 12" de ancho.

3.3.3 Resultados

La figura siguiente muestra los cinco tipos de jaula evaluados, la primer jaula consta de 12" de ancho y es la única jaula que difiere totalmente a las demás en cuanto a los paneles de oviposición que posee, a dicha jaula también se le denomina jaula filtro, debido a que la jaula es usada en el área de filtrado genético del material biológico laboratorio. Las jaulas de 6", 3" y 2" tienen el panel de oviposición exactamente del mismo tamaño, la única variante es el ancho de cada jaula. Y la jaula 2"SP es una jaula idéntica a la jaula de 2" de ancho que no contiene panel de oviposición dado a que estas jaulas se utilizan en la mosca del mediterráneo *C. capitata*, la figura 31 muestra un boceto de las dimensiones aproximadas de las jaulas.

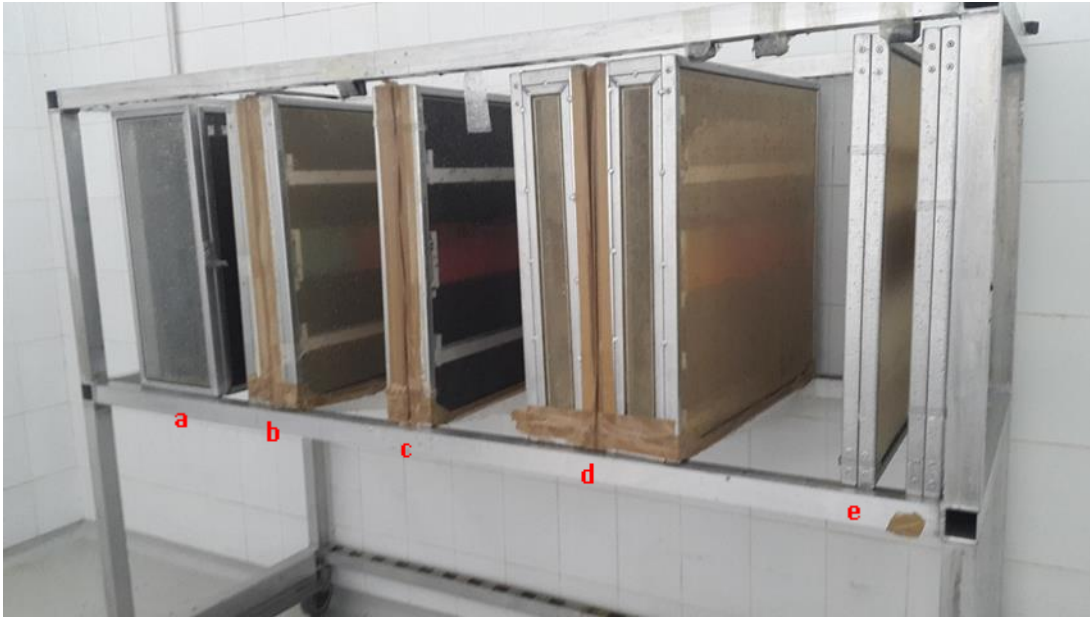


Figura 31. Tipos de jaulas para producción de huevo de *A. ludens*.

La figura 31 muestra las distintas jaulas evaluadas, en donde: a) representa la jaula de mayor grosor con 12 pulgadas de ancho, b) representa a la jaula de 3 pulgadas, c) representa las jaulas de 2", d) muestra las jaulas denominadas jaulas gemelas, debido a que solamente pueden colectarse en pares o también son llamadas, jaulas de 6 pulgadas de ancho y e) la cual representa a las jaulas con un ancho de 2 pulgadas sin panel de oviposición por lo tanto en el cuadro 24 se denota como 2"SP.

Todas las jaulas fueron provistas de alimento y agua según el protocolo de producción de la planta Moscamec San Miguel Petapa. Las jaulas estuvieron en la sala de oviposición con ambientes controlados, en donde completaron su ciclo de producción de huevo, para evitar sesgos posibles en el análisis estadístico.

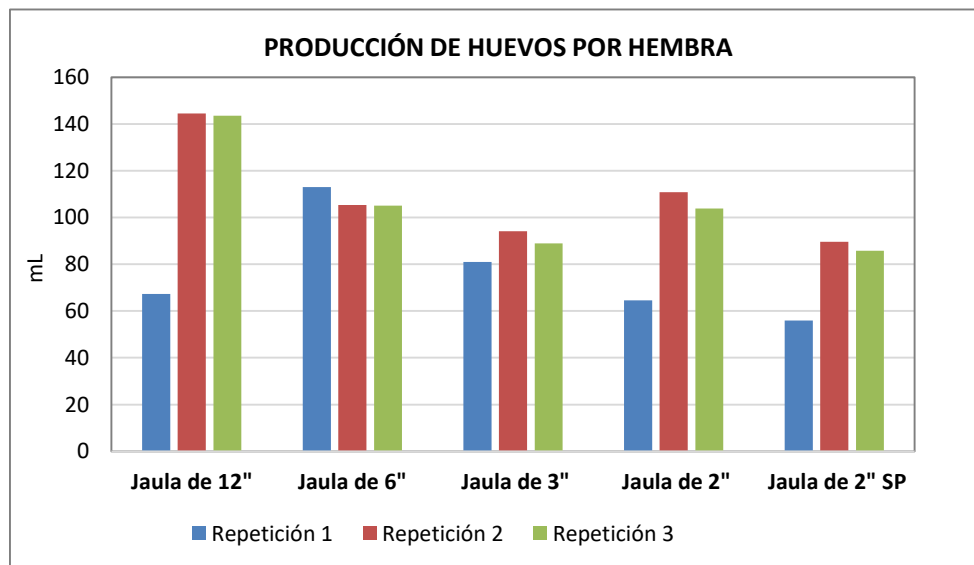
Cuadro 24. Producción en ml. de huevos por hembra según el tipo de jaula empleado.

Jaula	Repeticiones (ml)			Promedio (ml)
	1	2	3	
12"	67.24	144.51	143.61	118.46
6"	113.01	105.30	105.04	107.79
3"	81.00	94.11	88.97	88.03
2"	64.51	110.86	103.91	93.09
2"SP	56.01	89.61	85.75	77.12

Cuadro 25. Análisis de la producción del volumen de huevos por hembra

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tipo de jaula	6396.09	4	800.50	2.29	0.1479
Bloque	3202.01	2	1597.04		
Error	3194.08	8	349.32		
Total	2794.59	14			
CV=19.29					

La figura 32 muestra la producción en huevos por hembra de las tres repeticiones realizadas, se nota considerablemente que los mililitros de huevo producido en la repetición 1 son muy bajos para todas las repeticiones.

**Figura 32. Producción de huevos por hembra por repetición.**

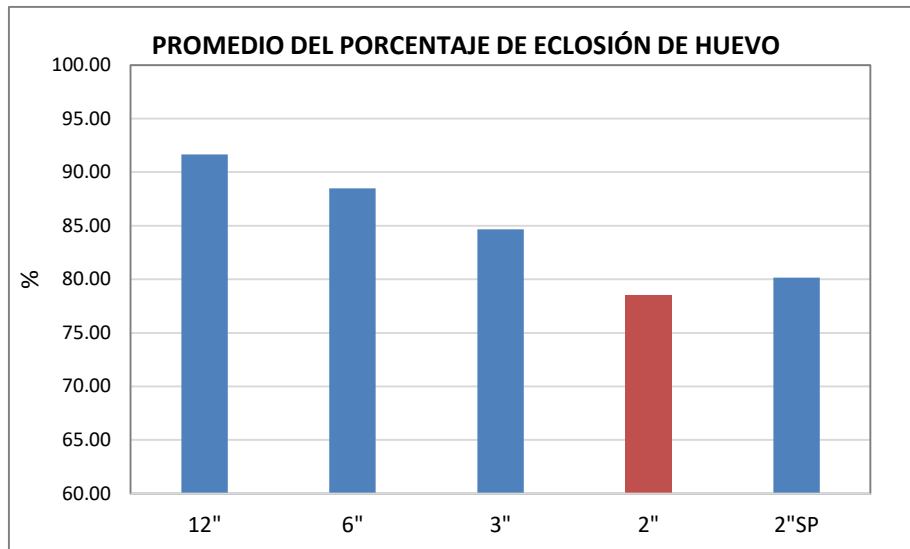


Figura 33. Promedio de porcentaje de eclosión de huevo en las jaulas evaluadas en sus tres repeticiones.

El cuadro 25 muestra el análisis de varianza realizado para determinar la jaula que produce la mayor cantidad de huevos hembra, sin embargo el valor de p (0.1479) significa que no se encontró diferencia significativa en la cantidad de huevos ovipositado en cada jaula, pero esto puede deberse al número de repeticiones que se trabajaron. Esto ayudara a establecer en el siguiente ensayo para que se establezca un número mayor de repeticiones.

A pesar que no hubo diferencias significativas en cuanto a la producción de huevo en los diferentes tratamientos o jaulas a una significancia de 0.05, en la jaula de 12" la preparación (agua, dieta y lavado de jaula) de la misma es mucho más fácil que la preparación de las demás, debido a que las jaulas de menor anchura utilizan utensilios diminutos que hacen más minuciosa su manipulación y por ende el tiempo utilizado en ellas es mayor.

La gran variabilidad de la repetición 1 con respecto a las demás fue tema de discusión por

la dirección del laboratorio Moscamed, dado a que sus tratamientos presentaron una gran diferencia con respecto a la repetición 2 y 3. Se llegó a la conclusión que dicha repetición fue afectada por una mala disposición del material biológico (moscas) a utilizar en cada una, dado a que se utilizó diferente cepa a comparación a las demás.

La figura 33 muestra los valores de porcentaje de eclosión a las 48 horas después de la colecta de huevo de las 5 jaulas evaluadas, aunque sin evaluación estadística la jaula que mayor porcentaje de eclosión presentó fue la jaula con mayor ancho de todas 12". Esto puede deberse a que dicha jaula presenta una compuerta que encierra el huevo, hasta que el personal encargado de la colecta pase recogiénolo, por lo tanto se genera un microclima favorable para el huevo de *A. ludens* dentro del panel de oviposición y la compuerta, haciendo que la humedad se mantenga relativamente alta, provocando así que el embrión dentro del huevo se desarrolle de mejor manera (Lopez, 2015).

3.3.4 Evaluación

Con este servicio se establecen varios puntos de partida para la elaboración de ensayos posteriores por parte de la institución. Determinando que no existe diferencia significativa en cuanto a la producción de huevos por hembra a una significancia del 0.05.

En el promedio de porcentaje de eclosión de huevo si presenta un porcentaje mayor en la jaula de 12 pulgadas de ancho (figura 33) esto puede deberse a que el suministro de agua en dichas jaulas es mucho más fácil y perdura más que las otras.

Además establecer en los ensayos posteriores a este tipo de investigación el establecimiento de muchas más repeticiones y así poder tener resultados más fiables en cuanto a la producción de huevos por hembra y variables de la calidad del huevecillo de mosca.

3.4 Servicios no planificados

3.4.1 Inoculación de patógeno desconocido en dieta larval de *A. ludens*.

Debido a que en la dieta larval para *A. ludens*, se detectaron malos olores, manchas de color marrón, disminución en la producción de larva a gran escala y suspensión de la producción por 2 días. La dirección de la planta Moscamed San Miguel Petapa, decidió enfocarse en la problemática y encontrar una solución en el tiempo más corto posible.

A. Objetivos

- Determinar el agente causal de la infección microbiana en las dietas larvales de mosca mexicana de la fruta.
- Proveer recomendaciones para reducir y controlar la población microbiológica causal en las dietas larvales.

B. Metodología

Utilizando la perspectiva de los postulados de Koch, se realizó una serie de inoculaciones en cajas petrí, usando como medio de desarrollo microbiológico las dos dietas que usaba la planta para el desarrollo larval de la misma.

Las dos dietas que se utilizaron están denominadas como dieta de olote “A” y dieta de olote “C”. Dichos nombres son utilizados respetando la confidencialidad en cuanto a los insumos y procesos que utiliza la institución.

Analizando y observando todo la maquinaria, los dispositivos e insumos que entran en contacto directo con la dieta larval. Se decidió enfocar las posibles fuentes de inóculo microbiano: las bandejas de dieta larval, la tolva dispensadora de dieta, la máquina de provisión de huevo o “Filamatic”, el agua utilizada en la elaboración de la dieta y los

insumos por separado de la dieta larval.

Observaciones bajo microscopio de las manchas marron en la dieta, determinaron que no se trataba de un organismo micótico, debido a que no presentaba ningún tipo de estructura fúngica. El estado acuoso de las manchas y el olor putrefacto indicaron que se trataba de un microorganismo bacteriano (Orozco, 2014).

Las cajas petrí fueron colocadas en una torre de bandejas distribuidas de manera uniforme, para simular las condiciones ambientales que presenta la dieta larval en los procesos protocolares. También pasaron por todo el proceso de maduración que tenían las larvas en el ciclo productivo de la planta, para proveer las mismas condiciones tiempo-ambientales a las cajas petrí.

Utilizando los postulados de Koch, se utilizaron cajas petrí para contener la dieta de mosca de *A. ludens*, a cada dieta se le fue inoculado extracto acuoso de diferentes partes de las bandejas utilizadas en la producción, también se utilizaron extractos de la tolva por donde pasa la dieta y distintos utensilios que se utilizan para la siembra de huevecillo de mosca mexicana de la fruta. Cada caja petrí fue identificada y se tuvo también una caja petrí de que no fue inoculada para que sirviera como tratamiento testigo.

Al finalizar los 10 días de maduración larval las cajas petrí fueron retiradas para su observación y análisis en la dirección de la planta. Los resultados que presentaron se detallan a continuación.

C. Resultados

En la figura 34 muestra cuatro cajas petrí, las cuales muestran dos diferentes tipos de dietas larvales, la dieta de olote "C" y la dieta de olote "A. Dentro de este cuadro comparativo, también se muestra la dieta inoculada con la solución de siembra de huevo versus la dieta testigo que no entro en contacto con ningún inóculo.

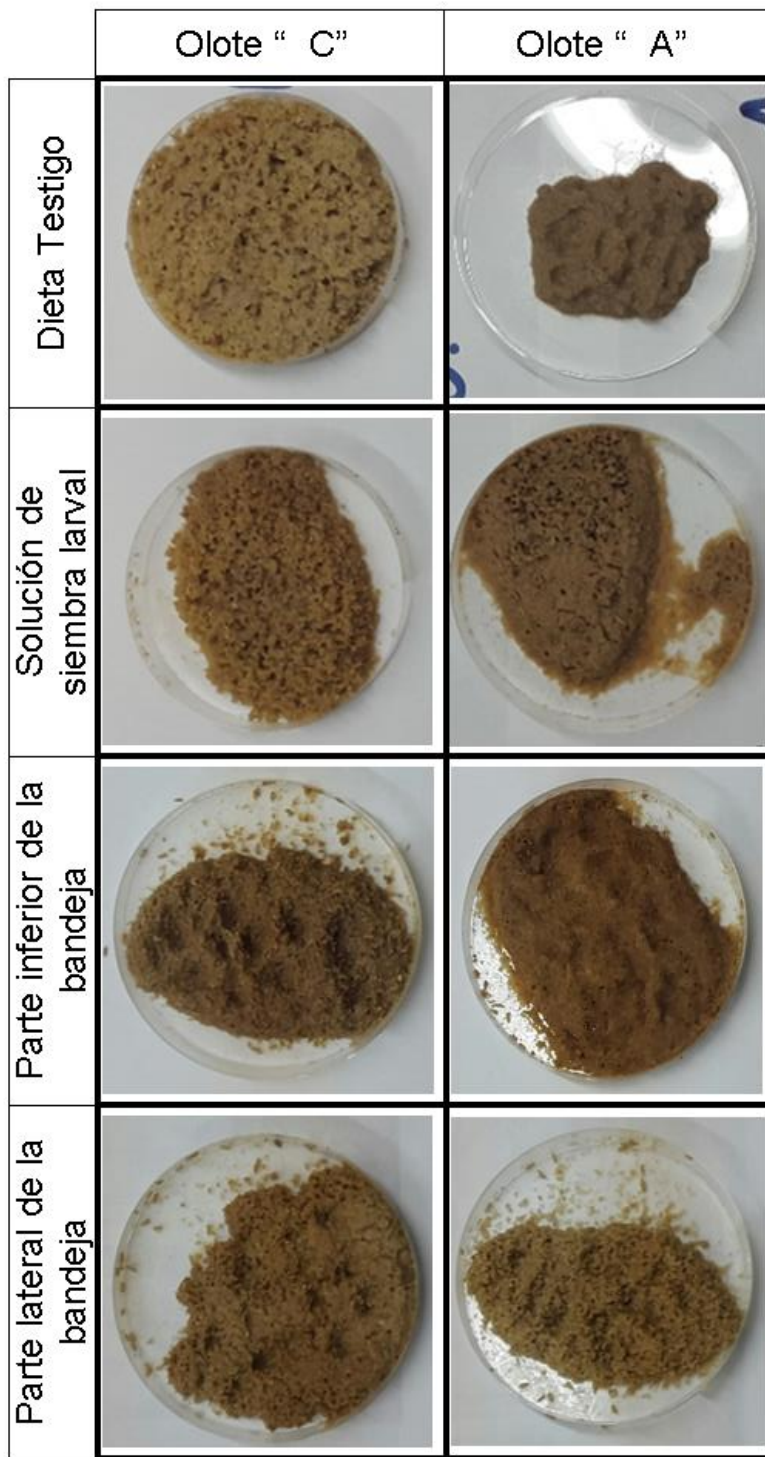


Figura 34. Cajas petrí con dieta larval para determinación de fuente de inóculo.

En la columna de solución de siembra larval de la figura 34 se puede apreciar claramente una gran diferencia en la coloración de la dieta en las cajas petrí, además la dieta inoculada presentaba un mal olor, mientras que la dieta testigo no presentó ninguna coloración marrón y tampoco ningún mal olor. Las dietas de las cajas petrí del cuadro 5 fueron tomadas desde la maquina mezcladora, para evitar contacto alguno con inocula al pasar por la tubería de provisión de dieta. Por lo tanto dichos resultados demostraron que la solución de siembra de huevo de *A. ludens* presentaba inculo de la bacteria que estaba causando problemas con el desarrollo de la larva en la dieta.

Las columnas de parte lateral e inferior de la bandeja muestran las dietas inoculadas con una solución extraída de las bandejas de siembra, la cual fue tomada mediante el raspado con hisopos forenses de las diferentes partes de la bandeja donde es colocada la dieta larval, ambos tratamientos muestran una coloración

Según estos resultados, la dirección de Planta Mocamed San Miguel Petapa, decidió incrementar el personal de lavado de bandejas, al igual que modificar la metodología del lavado de las mismas, solicitando al personal enfocarse más en la parte inferior y lateral de las bandejas y utilizar soluciones cloróticas más concentradas, lavar y limpiar con soluciones con hipoclorito de sodio a altas concentraciones (500 ppm) el dispositivo de inyección de huevo denominado "Filamatic" que se encarga de colocar 45 ml de solución de huevo de manera automática y constante en las bandejas de dieta larval (figura 35).



Figura 35. Área de lavado de bandejas y bandejas en reposo después de lavadas

D. Evaluación

Con este servicio no planificado, la planta fue provista de una mejor perspectiva en cuanto al incremento de la población microbiana que estaba causando pérdidas en la producción de larva de *A. ludens*. Dado que, semanas más tarde las acciones que se tomaron no solo controlaron la población de la bacteria causal de la pérdida de millones de larvas, sino permitieron reanudar las operaciones de producción, dado a que se había suspendido la siembra larval por un par de días.

Además dicha metodología servirá como base para determinar futuros focos de inóculo microbiano que tengan un efecto negativo en la producción de mosca mexicana de la fruta.

3.4.2 Aislamiento de microorganismos en dietas larvales

Después de haber manejado la población bacteriana en las dietas larvales de *A. ludens*, se tomaron porciones de dieta que aun presentaban manchas marron y fueron llevadas al laboratorio de microbiología de la FAUSAC⁷ para que se pudiera determinar cuál era el patógeno que había causado tantas perdidas en la producción de mosca mexicana de la fruta y así poder establecer planes de control en el futuro si dicho patógeno llegaba a presentarse de nuevo.

A. Objetivos

- Aislar e identificar el microorganismo causal de mortandad de las larvas de *A. ludens* en las dietas larvales en el laboratorio.
- Proveer una colonia pura del microorganismo para su estudio a la institución Moscamed.

⁷ Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

B. Metodología

Se tomaron muestras de las partes con mayor desarrollo microbiano en la dieta larval: esquinas de la bandeja de dieta larval (las que presentaban mayor desarrollo, debido a su coloración marrón y al hedor que presentaba) y se colocaron en bolsas herméticas.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio microbiológico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su aislamiento y purificación (véase figura 39A). Semanas después el laboratorio microbiológico proveyó las colonias purificadas de la bacteria aislada en diferentes medios de cultivo.

Las colonias bacterianas purificadas fueron llevadas posteriormente a la institución para su análisis y estudio. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

C. Resultados

La figura 36 muestra la primera fase de aislamiento del microorganismo en un medio PDA. En donde porciones de dieta larval infestada fue colocada de manera dispersa en los medios de cultivo. Los medios de cultivo utilizados fueron: PDA, 5.2.3 y B de King. Todos los medios fueron incubados a 25 °C y a una humedad relativa del 75% en una incubadora de marca Binder.



Figura 36. Dieta larval con microorganismos en medios de cultivo.

La figura 37 muestra la segunda fase del aislamiento en los diferentes medios utilizados, con su debida identificación y sellado hermético. En donde se puede apreciar ya el desarrollo de la colonia bacteriana alrededor de las porciones de dieta larval en los medios. Los medios de cultivo que presentaron desarrollo bacteriano fueron los medios B de King y 5.2.3.

Posteriormente la fase de purificación da comienzo para obtener los resultados que se presentan en la figura 38, donde se tiene la colonia bacteriana purificada en medios de cultivo 5.2.3.

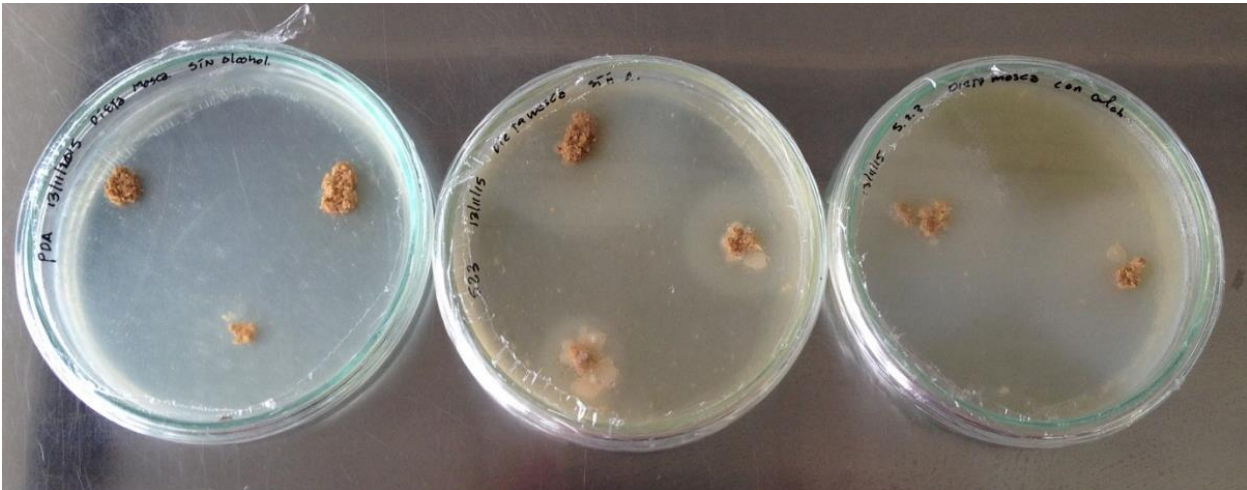


Figura 37. Dieta larval en medios de cultivo después de cuatro días de incubación.



Figura 38. Colonia bacteriana de microorganismo desconocido.

Si bien no se pudo determinar qué organismo estaba afectando negativamente a la producción, el laboratorio microbiológico de la FAUSAC determinó que el agente causal era una bacteria y que dicho microorganismo pertenecía a la familia de las bacterias gram negativas.

También dicho laboratorio aisló en cajas petrí el organismo bacteriano que estaba afectando el proceso productivo de larvas de *A. ludens* y dichas cajas petrí fueron entregadas a la dirección de laboratorio con todas las descripciones microbiológicas identificadas del microorganismo bacteriano (medio de cultivo en el que se desarrolló, identificación de gram, etc) (figura 38).

D. Evaluación

Con este servicio no planificado se provee a la institución Moscamed una alternativa más fácil para el control de la bacteria que ocasionó pérdidas en la producción de larva de *A. ludens* y por ende, de moscas potenciales para su envío a otros países. Proveyendo una colonia purificada de la bacteria patógena para su posterior estudio en la institución.

3.5 Bibliografía

1. Fuentes Castillo, C. 2007. Los postulados de Koch: revisión histórica y perspectiva actual (en línea). Revista Complutense de Ciencias Veterinarias 1(2):262-266. Consultado 6 mar. 2016. Disponible en file:///C:/Users/Revisi%C3%B3n%20Documental/Downloads/23797-23816-1-PB.PDF
2. López, M. 2015. La humedad relativa y su relación con la eclosión del huevo de *A. ludens* (comunicación personal). San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed, Dirección General.
3. Orozco Miranda, E. 2015. Sintomatología de infecciones por organismos fúngicos y bacterianos (comunicación personal). In Curso de microbiología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Tecnológica.

3.6 Anexos



Figura 39A. Integrante del personal del laboratorio microbiológico de la FAUSAC, aislando las muestras de dieta larval.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 24/2016

LA TESIS TITULADA:

“EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, *Anastrepha ludens* (Loew) EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, C.A.”

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

GUSTAVO ADOLFO
VELASQUEZ CRUZ

CARNE:

201112257

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Samuel Córdova
Ing. Agr. Alvaro Hernández
Ing. Agr. Marino Barrientos

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Coordinación del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Alvaro Hernández
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Marino Barrientos
DOCENTE-ASESOR EPS

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA



Ref. Trabajo de Graduación 056-2017

Guatemala, 29 de septiembre de 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, *Anastrepha ludens* (LOEW); Y DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

GUSTAVO ADOLFO VELASQUEZ CRUZ

No. CARNÉ

201112257

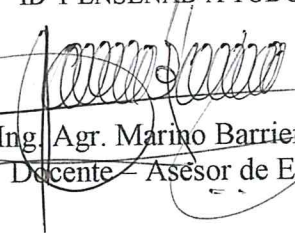
Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:


“EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, *Anastrepha ludens* (Loew) EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, C.A.”


LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Samuel Córdova
Ing. Agr. Alvaro Hernández
Ing. Agr. Marino Barrientos

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. Marino Barrientos
Docente - Asesor de EPS


DOCENTE-ASESOR
EPSA-USAC


Vo.Bo. Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo
Coordinador Área Integrada - EPS

c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,

No.49.2017

Trabajo de Graduación:	“EVALUACIÓN DE CUATRO DIETAS PARA ADULTO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA, <i>Anastrepha ludens</i> (LOEW); Y DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL LABORATORIO DEL PROGRAMA MOSCAMED, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, C.A.”
Estudiante:	Gustavo Adolfo Velasquez Cruz
Carné:	201112257

“IMPRÍMASE”



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

