

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE CÁSCARA DE MANÍ EN LA DIETA PARA CRÍA DE MOSCA DEL  
MEDITERRÁNEO EN LA PLANTA DE MOSCAMED DE BARBERENA, SANTA ROSA  
TESIS DE GRADO

**KEVIN STUARDO QUIJADA JACINTO**  
CARNET 23295-11

JUTIAPA, AGOSTO DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE CÁSCARA DE MANÍ EN LA DIETA PARA CRÍA DE MOSCA DEL  
MEDITERRÁNEO EN LA PLANTA DE MOSCAMED DE BARBERENA, SANTA ROSA  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**KEVIN STUARDO QUIJADA JACINTO**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

JUTIAPA, AGOSTO DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
LIC. RONALDO ALBERTO PÉREZ QUAN

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Jutiapa, 25 de agosto del 2018

Honorables  
Miembros del consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Guatemala, Ciudad

Honorables Miembros del Consejo:

Es un honor dirigirme a ustedes para hacer de su conocimiento que he asesorado al estudiante Kevin Stuardo Quijada Jacinto con número de carnet 2329511, en la elaboración de su trabajo de graduación, titulado:

**EVALUACIÓN DE CÁSCARA DE MANÍ EN LA DIETA PARA CRÍA DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO EN LA PLANTA DE MOSCAMED DE BARBERENA, SANTA ROSA**

El señor Quijada ha completado todas las correcciones y mejoras que le he sugerido. Concluido el trabajo, considero que es un valioso aporte a la investigación agrícola sobre medios de soporte en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo, por lo que me permito recomendar su aprobación.

Atentamente,



Lic. Ronaldo Pérez

Colegiado No. 2281



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante KEVIN STUARDO QUIJADA JACINTO, Carnet 23295-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06119-2018 de fecha 9 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE CÁSCARA DE MANÍ EN LA DIETA PARA CRÍA DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO EN LA PLANTA DE MOSCAMED DE BARBERENA, SANTA ROSA**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 21 días del mes de agosto del año 2018.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Licenciado Ronaldo Alberto Pérez Quan, por su Confianza, amistad, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Al Programa Moscamed en Guatemala por su apoyo necesario y autorización para el uso de las Instalaciones de la Planta El Pino, Barberena para el desarrollo de la presente investigación.

Gerente de Producción del Programa Moscamed en Guatemala Dr. Edwin Ramírez e Ing Amílcar Gutiérrez por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Equipo de Control de calidad del Programa Moscamed en Guatemala de la Planta El Pino.

## **DEDICATORIA**

A:

Dios: Por darme la sabiduría y su amor

Mis padres: Edgar Estuardo Quijada Soto (Q.E.P.D) y Reina Elizabeth  
Jacinto a quienes quiero mucho, por darme la vida, por su amor.

Hermana: Keylin Andrea Jacinto

Mi familia: Abuelos, tíos, primos que de una u otra forma han contribuido en mi  
formación.

Amigos: A cada uno de mis amigos que me apoyaron

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1 La mosca del Mediterráneo .....	2
2.1.1 Breve historia de la mosca del Mediterráneo. ....	2
2.2 Biología y hábitos.....	3
2.3 Morfología de la mosca del Mediterráneo .....	3
2.3.1 Huevos.....	3
2.3.2 Larvas.....	3
2.3.3 Pupas. . ....	3
2.3.4 Moscas adultas.. ....	4
2.4 Aspectos generales .....	4
2.4.1 Clasificación taxonómica. ....	4
2.5 Métodos de control de la mosca del Mediterráneo.....	4
2.6 Dieta artificial de la mosca del Mediterráneo .....	5
2.7 Antecedentes de medios de soporte en la dieta larval en la cría masiva de la mosca del Mediterráneo. ....	6
2.7.1 Parámetros de producción y calidad de la mosca del Mediterráneo.. ....	7
2.8 Cultivo de maní.....	8
2.8.1 Cascara de maní.....	9
2.9 Granulometría de partículas de un medio de soporte .....	10
2.9.1 Capacidad de absorción de agua. . ....	10
2.10 Cargas microbiológicas del medio de soporte y las fracciones molidas .....	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo .....	11
4. OBJETIVOS.....	13

4.1 Objetivo general .....	13
4.2 Objetivos específicos.....	13
5. HIPÓTESIS .....	14
5.1 Hipótesis nulas .....	14
5.2 Hipótesis alternativas .....	14
6. METODOLOGÍA .....	15
6.1 Localización .....	15
6.2 Material experimental.....	15
6.2.1 Testigo de olote molido. ....	15
6.2.2 Tratamientos de cáscara de maní. ....	16
6.2.3 Mosca del Mediterráneo y su manejo ambiental. ....	17
6.3 Factores a estudiar.....	17
6.4 Descripción de los tratamientos .....	18
6.5 Diseño experimental.....	18
6.6 Modelo estadístico.....	18
6.7 Unidad experimental .....	19
6.8 Croquis del experimento .....	19
6.9 Manejo del experimento.....	20
6.9.1 .....	20
6.9.2 Preparación de la dieta larval. ....	21
6.9.3 Iniciación larval. ....	23
6.9.4 Maduración larval I y II. ....	23
6.9.5 Colecta larvaria. ....	23
6.9.6 Pupación. ....	23
6.9.7 Disposición final de las colectas por unidad experimental. . ....	23

6.10 Variables evaluadas en la cascara de maní.....	23
6.11 Variables evaluadas en producción.....	23
6.11.1 Variables de calidad.....	23
6.12 Análisis estadístico.....	24
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
7.1 Caracterización de la cáscara de maní y sus fracciones.....	25
7.2 Variables evaluadas en Producción.....	28
8. CONCLUSIONES.....	36
9. RECOMENDACIONES.....	37
10. BIBLIOGRAFÍA.....	38

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 <i>Dieta artificial para la cría masiva de la mosca del Mediterráneo (Corado y Reyes, 2016).</i> .....	6
Tabla 2 <i>Composición de la cáscara de maní.</i> .....	9
Tabla 3 <i>Descripción de los tratamientos para evaluar el efecto de la cáscara molida de maní en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo.</i> .....	18
Tabla 4 <i>Croquis de los tratamientos para evaluar el efecto de la cáscara molida de maní en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo.</i> .....	19
Tabla 5 <i>Cantidad de ingredientes para dieta larval de la mosca del Mediterráneo.</i> .....	21
Tabla 6 <i>Perfil fisicoquímico (densidad y porcentaje de absorción de agua) de los medios de soporte del testigo de olote grueso 8/20 y las fracciones de cáscara molida de maní.</i> .....	27
Tabla 7 <i>Perfil microbiológico (cumplimiento de los límites de bacterias mesófilas, levaduras y hongos) de los medios de soporte del testigo de olote grueso 8/20 y las fracciones de cáscara molida de maní.</i> .....	28
Tabla 8 <i>Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta.</i> .....	29
Tabla 9 <i>Análisis de varianza de una vía para las Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta.</i> .....	29
Tabla 10 <i>Análisis de varianza de una vía para las Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta.</i> .....	30
Tabla 11 <i>Medias Aritméticas de las variables de calidad evaluadas en la Planta El Pino, Santa Rosa, 2016.</i> .....	31
Tabla 12 <i>Análisis Económico de la cáscara de maní como texturizante (vs. Olote grueso 8/20) ....</i> .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Porcentaje relativo de las fracciones de cáscara molida de maní.....	25
<i>Figura 2.</i> Perfil granulométrico (tamaño de partícula) de las fracciones de cáscara molida de maní. .....	26
<i>Figura 3.</i> Relación entre el Peso de pupa (mg) y el rendimiento (pupas/g = millones /ton de dieta larval) .....	32
<i>Figura 4.</i> Peso de pupa de los tratamientos evaluados. La línea roja indica el peso mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014).....	33
<i>Figura 5.</i> Habilidad de vuelo (% Voladoras) de los tratamientos evaluados. La línea roja indica el mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014). .....	33
<i>Figura 6.</i> Longevidad (hrs) de los tratamientos evaluados. 50 horas es el mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014). .....	34
<i>Figura 7.</i> Propensión a la cópula (% cópula) de los tratamientos evaluados. El mínimo aceptable es el 50% (FAO, IAEA y USDA, 2014).. .....	34

# **EVALUACIÓN DE CÁSCARA DE MANÍ EN LA DIETA PARA CRÍA DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO EN LA PLANTA DE MOSCAMED DE BARBERENA, SANTA ROSA**

## **RESUMEN**

Se evaluó la factibilidad de emplear fracciones de cáscara molida de maní (*Arachis hypogaea*), como medios de soporte para la dieta larval de mosca del Mediterráneo (*Ceratitidis capitata* (Wied.), Díptera: Tephritidae) en la Planta El Pino Moscamed. Se empleó la fracción gruesa (retenida en tamices 4 y 7 U.S. Std), mediana (retenida en tamices 14 y 20 U.S. Std) y fina (retenida en tamices 100 y 170 U.S. Std) como texturizantes de dieta larval. Se determinó su efecto sobre la productividad (pupas producidas por gramo de dieta = millones de pupa/Ton de dieta larval), calidad y costo. Se encontró que particularmente la fracción fina mantuvo una alta productividad, estadísticamente igual a la del testigo. Todas las fracciones de cáscara molida de maní empleadas como texturizantes en la dieta larval presentaron una calidad más alta que la del testigo y un menor costo, lo que implicaría un ahorro de USD \$ 408,800 al año si se emplean en lugar del olote con código 8/20.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Ramírez, Rendón, Ruiz, Toledo, y Liedo (2017), la mosca del Mediterráneo es una de las plagas agrícolas de mayor relevancia, ya que ataca a unas 400 especies de plantas productoras de frutas y vegetales (Copeland, Wharton, Luke y Meyer, 2002) y su presencia causa restricciones a las exportaciones, limitando severamente el desarrollo económico de los países donde está presente. Según Hendrichs, Robinson, Cayol and Enkerlin (2002), debido a su impacto económico y al hecho de que la mosca del Mediterráneo es una plaga cosmopolita, de distribución mundial, se han implementado programas de control en los cinco continentes, empleando la Técnica del Insecto Estéril (TIE), bajo la filosofía de Manejo Integrado de Plagas en Areas Extensas, MIP-AE (Enkerlin, Gutiérrez, Villaseñor, Cotoc, Midgarden, Liedo y Trujillo, 2015).

Históricamente el primer reporte de mosca del Mediterráneo en Guatemala se produce el 21 de abril de 1975. El 15 noviembre de 1975 se firma el Convenio entre el Gobierno de la República de Guatemala y el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. El 21 de febrero de 1977 se suscribe el Memorandum de entendimiento entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Moscamed, 2017).

Corado (2016), indica que la Planta El Pino, ubicada en El Cerinal, Barberena, Santa Rosa en Latitud 14.33° Norte y Longitud 90.44 Oeste, a una altitud de 1,060 msnm es la unidad de producción del Programa Moscamed Guatemala. Con una capacidad instalada de 3,500 millones de machos estériles por semana, es la planta de cría masiva de moscas de la fruta más grande a nivel mundial (Corado y Pérez, 2017). Actualmente elabora 14 toneladas por día de una dieta larval que emplea subproductos agrícolas como medios de soporte (bagazo molido de caña de azúcar y olote de maíz molido) y ha evaluado distintas alternativas (cascarilla de arroz y tallos de maíz texturizado). La cáscara de maní es una opción a ser evaluada como medio de soporte, ya que para el año 2003 la producción anual de maní supera las 2,500 toneladas (INE, 2004), de las cuales más de un tercio son cáscaras. Por lo que en el presente estudio se evaluó el efecto de la cascara de maní molida en la dieta larval de mosca del mediterráneo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 La mosca del Mediterráneo

De Meyer, Copeland, Wharton y McPherson (2002), establecen que la “mosca del Mediterráneo” en realidad es originaria de la región tropical del África. La especie fue descrita en 1824 por Wiedemann, basado en un solo espécimen macho que está depositado en el museo de Copenhague en Dinamarca. De su hábitat original en África se ha dispersado a los cinco continentes, siendo una de las pocas especies de plagas que han conseguido adaptarse a condiciones tropicales y templadas.

**2.1.1 Breve historia de la mosca del Mediterráneo.** Según Gutiérrez (1976) y Pecorelli (1995), la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wied.), es una de las plagas más destructivas que existen en el mundo, tiene una gran capacidad para reproducirse y es capaz de acabar con plantaciones enteras de frutales.

De Meyer *et al.* (2002), reporta que Wiedemann al describir por primera vez la mosca del Mediterráneo, atribuyó su origen a las Indias orientales, debido a que el espécimen adulto que empleó para describir la especie emergió de frutas transportadas en un barco carguero de dicha región, aunque la fruta probablemente fue colectada en África. Estudios posteriores por numerosos autores que analizaron la distribución de esta plaga trasladan su origen al África Occidental tropical, lo cual es confirmado por estudios moleculares realizados por Gasparich, Silva, McPherson, Steck y Sheppard, (1997).

Davies, Villablanca y Roderick (1999), proponen el siguiente patrón de migración de la mosca del Mediterráneo: después de su origen en Africa, se le reporta en Europa (1842) y Australia (1893). Los primeros reportes en América son en Brasil (1901), Hawaii (1907) y California (1929) en plantas de café (*Coffea arabica* L.). Una comisión de los Estados Unidos, enviada a Brasil, concluye que sólo ataca la pulpa del fruto de café y no es de riesgo para otros cultivos. En 1955 se confirma su presencia en Centroamérica y en 1975 en México. Para entonces se confirma que el diagnóstico inicial fue erróneo, ya que además de atacar café, la mosca del Mediterráneo se ha adaptado a cientos de especies de plantas productoras de frutos, de importancia económica.

## **2.2 Biología y hábitos**

De acuerdo con De Meyer et al. (2002), esta plaga tiene una gran facilidad de adaptación y soporta condiciones climáticas sumamente variables, que por lo general no resisten otras especies de moscas de la fruta. Se le reportan alrededor de 365 hospedantes diferentes a nivel mundial. Davies, Villablanca y Roderick (1999), mencionan que se encuentra ampliamente difundida en América y es una especie polífaga, sin embargo, parece encontrarse mucho mejor establecida en zonas de bosque tropical húmedo y donde se cultiva el café (*Coffea arabica* L.). Ha sido reportada en zonas cercanas al mar y a altitudes mayores a los 2400 msnm y en algunas regiones tiene marcada preferencia por ciertos hospedantes.

Moscamed (2017), confirma que el café es la principal especie de planta hospedante en Guatemala y que la distribución de la plaga sigue el patrón de fructificación de dicho cultivo, desde las partes bajas de la costa sur del país donde inicia su ciclo anual, hasta las partes altas, montañosas, donde se cultiva café. Una vez concluye el ciclo de cultivo de café, la plaga se dispersa a hospedantes secundarios, que incluyen: caimito (*Chrysophyllum cainito*), guayaba (*Psidium ssp*), cítricos (*Citrus ssp*) y otras especies frutales.

## **2.3 Morfología de la mosca del Mediterráneo**

**2.3.1 Huevos.** Son de color blanco, de forma alargada y cónica, con micrópilo corto. Miden 1.0 x 0.2 mm; el período de incubación es de 2 a 7 días en verano y de 20 a 30 días en invierno. En Guatemala se han reportado períodos de 2 a 3 días (Pérez, 2016).

**2.3.2 Larvas.** En estado de larva pasa por cuatro periodos larvales que en ocasiones también se les llama 1° a 4° instar, completando la etapa de larva de 6 a 11 días, en condiciones de temperatura de 24 a 26°C. El hospedante también influye en el período de duración del estado larval (Pérez, 2016).

**2.3.3 Pupas.** En su estado natural, los puparios de ambos sexos son de color café y tienen forma cilíndrica, casi en forma de barril. El tamaño de la pupa es de 3 a 10 milímetros (mm) x 1.25 a 3.25 mm. El período pupal es de 9 a 11 días a 24.4° C. La cepa criada en la Planta El Pino es denominada VIENNA 8/Tolimán D53-; en dicha cepa el pupario de los machos es de color café y el de las hembras es de color blanco (Pérez, 2016).

**2.3.4 Moscas adultas.** En estado adulto, su tamaño (4-5 mm de longitud) es algo menor que la mosca doméstica (*Musca domestica* L.); sus alas y cuerpo están vivamente coloreados (amarillo, blanco y negro). El tórax es gris con manchas negras y setas largas. El abdomen presenta franjas amarillas y grises. Las patas son amarillentas, las alas son irisadas, con varias bandas grisáceas, amarillas y negras. La hembra puede ser distinguida debido a que tiene un mayor abdomen, la presencia de un ovipositor en forma de espada (el cual usualmente está retraído) y las setas supraorbitales filiformes. El macho tiene un abdomen más reducido, no tiene ovipositor, sus setas supraorbitales tienen forma de raqueta, con un ensanchamiento en la punta y sus patas delanteras tienen un conjunto de setas oscuras denominadas “peinecillo sexual”, ausentes en la hembra (Pérez, 2016).

## **2.4 Aspectos generales**

**2.4.1 Clasificación taxonómica.** La mosca del Mediterráneo pertenece al orden Díptera y a la familia Tephritidae (moscas de la fruta), las cuales tienen una distribución preferentemente tropical, con unas pocas especies de zonas templadas y aún menos de distribución cosmopolita (muncial) y sus larvas se alimentan de frutos. La clasificación taxonómica de dicho insecto se presenta a continuación (Pérez, 2016):

Reino: Animal

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Díptera

Familia: Tephritidae

Género: *Ceratitis*

Especie: *Ceratitis capitata* (Wiedemann)

## **2.5 Métodos de control de la mosca del Mediterráneo**

Schunemann (1984) y Pecorelli (1995), mencionan que existen diferentes métodos de control de la mosca del mediterráneo, tales como: legal, cultural, biológico, químico y autocida. Cuando éstos se combinan en forma racional, buscando resultados económicos, sociales y ambientales positivos, se constituyen en un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

En Guatemala el Programa Moscamed es la institución oficial encargada del control y erradicación de la mosca del Mediterráneo de su territorio y sus actividades de trabajo se orientan a la producción masiva y liberación, en condiciones controladas, de machos estériles del insecto que neutralizan la capacidad reproductiva de la plaga: la hembra fértil en campo.

Utilizando el método autocida o la técnica del insecto estéril (TIE); este método es fundamental para el control y la erradicación de las moscas de la fruta, incluyendo la moscamed. De acuerdo con esta técnica, una vez los machos son criados masivamente, su espermatozoides es roto con bajas dosis de radiación, tecnología desarrollada por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) bajo su Programa de Átomos por la Paz, un uso pacífico de la energía atómica. Dichos machos estériles son liberados en proporciones muy altas (i.e. 500 machos estériles por macho fértil) lo que asegura que las hembras fértiles (la plaga) copularán preferentemente con ellos. De esta forma, en 3 o 4 generaciones la plaga desaparece, con un impacto mínimo hacia otras especies de insectos o vida silvestre (Enkerlin *et al.* 2015).

## **2.6 Dieta artificial de la mosca del Mediterráneo**

La dieta empleada en la Planta El Pino, para la cría masiva de larvas, de las cuales obtendrán pupas y adultos, simula la composición de las frutas en campo y emplea como medio de soporte (para retener el agua y los nutrientes) subproductos de la industria agrícola tales como: el bagazo molido de caña de azúcar y el olote de maíz molido. En su composición incluye un alto porcentaje de agua (la hidratación de las larvas es muy importante), una alta relación calórico-proteica (sacarosa:proteína) y agentes acidificantes, ya que por el principio de pH restrictivo, la mayoría de bacterias perjudiciales para la cría larval no crecen en pH menor a 3.5 (Pérez, 2016).

En la Tabla 1, se presenta en porcentajes los ingredientes que componen la dieta en la cría masiva del insecto, utilizada por la Planta El Pino del Programa Moscamed de Guatemala:

Tabla 1  
*Dieta artificial para la cría masiva de la mosca del Mediterráneo (Corado y Reyes, 2016).*

Ingredientes	Base sólida (%)	Líquidos (%)	Composición final (%)
Azúcar	25-27		10-12
Benzoato de Sodio	0.68		0.27-0.31
Harina Integral	17-18		6.8-8.1
Levadura	15-20		6-9
Medio de soporte <sup>a</sup>	17-38		7-17
Agua Acida		55-60	55-60

<sup>a</sup>El medio de Soporte puede ser olote molido o bagazo de caña.

## **2.7 Antecedentes de medios de soporte en la dieta larval en la cría masiva de la mosca del Mediterráneo.**

Según Reyes (2007), en la Planta El pino se utilizan como medios de soporte olote molido y bagazo de caña en la dieta larval del insecto. También se han evaluado como alternativas la cascarilla de arroz y el tallo de maíz molido. Entre las propiedades que se buscan en un medio de soporte, destacan las siguientes: a) deben absorber la humedad y nutrientes de la dieta, de manera que la larva pueda alimentarse de ellos, b) deben tener un tamaño de partícula que proporcione aireación e intercambio de calor: una dieta muy cerrada será más propensa a calentarse, a producir condiciones anaeróbicas y a fermentarse, una dieta muy suelta hará que los líquidos se acumulen al fondo de la bandeja, creando zonas muertas, c) su densidad debe ser baja: la densidad aumenta cuando los componentes maderosos del medio de soporte aumentan, creando una dieta que NO absorbe agua, d) su capacidad de absorción de agua debe ser alta: los medios ideales tienen una capacidad de absorción de agua por arriba de 400% y e) sus cargas microbianas deben ser bajas, deben predominar las bacterias mesofílicas y no los hongos y levaduras o bacterias causantes de fermentaciones.

**2.7.1 Parámetros de producción y calidad de la mosca del Mediterráneo.** A continuación, se describen los principales parámetros de producción y calidad de la mosca del Mediterráneo criada masivamente en la Planta El Pino. Los valores mínimos de calidad se toman del manual de calidad Versión 6.0 de la Food and Agriculture Organization –FAO-, International Atomic Energy Agency –IAEA- y United States Department of Agriculture –USDA- (2014).

**2.7.1.1 Recuperación de larva.** Esta prueba consiste en determinar el volumen de larvas producidas por kilogramo de dieta alimenticia, los niveles aceptados por la Planta El Pino van de 0.151 a 0.165 L/Kg. Una recuperación menor produce larvas y pupas más grandes, y viceversa. (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.2 Pupa por kilogramo de dieta.** Esta prueba se realiza para cuantificar el número de pupas por gramo de dieta que se produce, el mínimo es de 10 pupas/gr, que equivale a 10 millones de pupas por tonelada de dieta. El óptimo es arriba de 12 pupas/g que equivale a 12 millones de pupas por tonelada de dieta (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.3 Porcentaje de emergencia.** Se le llama emergencia a las moscas adultas que emergen del pupario. Esta prueba consiste en colocar 100 pupas en una rejilla de 10 x 10 cavidades cuadradas, una pupa en cada cavidad. Las lecturas se hacen con intervalos de tiempo, a las 7 am y a las 4 pm anotando cuantos adultos emergieron en cada período, hasta que ya no emerjan más adultos. El valor mínimo de emergencia debe ser de un 70% (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.4 Porcentaje de voladoras.** Esta prueba se realizar con las mismas pupas a las cuales se les determinó el porcentaje de emergencia. Para ello se emplean tubos de PVC negro, con un diámetro de 10cm y altura de 10cm, los cuales tienen talco industrial en su interior para evitar que las moscas caminadoras salgan de los tubos. Los tubos se colocan dentro de cajas de plexiglass y las moscas que vuelan son retiradas de dichas cajas mediante una aspiradora. Al final de la prueba se cuentan las moscas dentro de los tubos y se restan del número original; la diferencia es el porcentaje de voladoras (ej: 100-10 = 90% voladoras). El mínimo aceptable es de un 65% (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.5 Longevidad en horas.** Prueba que establece la vida media (horas a la que muere el 50% de las moscas) o el porcentaje de moscas muertas a las 48 horas después de la emergencia. A las 48 horas, debe haber una supervivencia mínima del 50% y la vida media debe ser mayor de 48 horas (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.6 Prueba de cópula.** Esta prueba, también conocida como “propensión a la cópula” mide la capacidad del insecto estéril de aparearse, bajo condiciones controladas de laboratorio. El porcentaje de moscas que se aparean debe ser mayor del 50% y la rapidez con que copulan, medida mediante el Índice de Cópula, debe estar entre 45-55, lo cual indica que la velocidad de cópula es “normal”; un índice menor indica que las cópulas son demasiado lentas, un índice mayor que las cópulas son demasiado rápidas (FAO, IAEA y USDA, 2014).

**2.7.1.7 Peso de pupa.** Esta consiste en determinar el peso de pupa en muestras por triplicado de 2 ml de pupas (unas 12 pupas por muestra). El peso óptimo está entre 7.8 y 8.2 mg, a las 48 hrs antes de la emergencia. Un peso menor indica problemas de alimentación y típicamente problemas de longevidad, un peso mayor indica mortandad de huevos o larvas en la dieta y típicamente tienen menor habilidad de vuelo y cópula, ya que las moscas “gordas” no son buenas voladoras (FAO, IAEA y USDA, 2014).

## **2.8 Cultivo de maní**

Según Abdel-Momen (1998), citado por Duque (2013), existen indicios de que el cultivo de maní (*Arachis hipogaea*), se empezó a practicar en Guatemala alrededor del año 1920, cuando se introdujeron las primeras semillas y variedades. Desde entonces a la fecha se ha convertido en generador de ingresos económicos para pequeños y medianos productores de varias regiones del país, forma parte del grupo de productos no tradicionales de exportación y en el ámbito social es fuente de trabajo para muchos habitantes del área rural, donde el cultivo es practicado. El IV censo agropecuario establece que para el año 2003, el maní es cultivado en unas 3,000 fincas del país, que cubren un área aproximada de 2,600 manzanas, con una producción cercana a las 2,500 toneladas (INE, 2004).

**2.8.1 Cascara de maní.** La cáscara de maní es el principal desecho de la industrialización del maní.

Es una fuente de fibra muy efectiva, aunque de baja calidad nutricional, por lo que en alimentación animal es empleada principalmente en rumiantes (Tabla 2).

Tabla 2

*Composición de la cáscara de maní.*

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	8
Proteína cruda	4
Grasa	1
Fibra cruda	60
Celulosa	35
Lignina	27
Cenizas	2

(Duque, 2013)

Tomando como base la producción citada por el Instituto nacional de Estadística (INE, 2004), una producción anual mínima de 2,500 toneladas de maní genera 750 toneladas de cáscaras de maní, suficientes para cubrir la demanda de medios de soporte de la Planta El Pino. El Instituto Nacional de Estadística dejó de incluir al maní en los censos más recientes. Sin embargo, un estudio realizado por Duque (2013), sugiere que este cultivo se ha incrementado, particularmente en el sur, suroriente, noroccidente y norte del país, y que adicionalmente, un 40% del maní tostado consumido en Guatemala se importa de países vecinos, ya que hay una alta demanda insatisfecha de este producto, lo que supone fuentes adicionales de cáscara de maní en los países vecinos a Guatemala.

Para poder ser evaluada como medio de soporte en la cría larval de la mosca med, falta determinar en la cáscara de maní la siguiente información: a) densidad de la cáscara molida a distintos tamaños (ej: partícula grande, mediana y fina), b) capacidad de absorción de agua de dichas fracciones, c) cargas microbianas, d) recuperación larval y e) recuperación de pupas por gramo de dieta.

**2.8.1.1 Cáscara de maní en Guatemala.** El Banco de Guatemala (2011), citado por Duque (2013), menciona que la demanda de maní es alta, y la producción obtenida es consumida localmente. El déficit se cubre con importaciones de Nicaragua y el Salvador. En el mercado nacional por año se consumen 3,209 toneladas métricas y se comercializan unas 760 toneladas de cascara de maní.

## **2.9 Granulometría de partículas de un medio de soporte**

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas del medio de soporte molido, empleando un agitador orbital Rotap y una serie de tamices, desde el mesh (número de hilos por cm) tamaño 5 (partícula grande) hasta 170 (muy fina) U.S. Standard. La planta El Pino documenta esta prueba en el documento controlado por el Sistema de Gestión de Calidad IN-CC-FQ-001, Instructivo de Control y Aseguramiento Físicoquímico (Perez, 2011).

**2.9.1 Capacidad de absorción de agua.** La finalidad es determinar qué proporción de agua absorbe el medio de soporte o su fracción, expresándolo como un porcentaje peso:peso (% P:P). La planta El Pino documenta esta prueba en el documento controlado por el Sistema de Gestión de Calidad IN-CC-FQ-001, Instructivo de Control y Aseguramiento Físicoquímico. De acuerdo con dicho documento, para los medios de soporte, es deseable que la humedad inicial sea menor al 10% pero la capacidad de absorción de agua sea mayor al 400% (Perez, 2011).

## **2.10 Cargas microbiológicas del medio de soporte y las fracciones molidas**

Esta prueba busca determinar las cargas microbiológicas del medio de soporte y sus fracciones (fina, media y gruesa), expresadas en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g). Es deseable que predominen las cargas de bacterias mesófilas. La presencia de hongos y levaduras se considera un riesgo de fermentaciones. La planta El Pino documenta esta prueba en el documento controlado por el Sistema de Gestión de Calidad IN-CC-MI-001, Instructivo de Microbiología.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 Definición del problema y justificación del trabajo

La Planta El Pino es la unidad de producción del Programa Moscamed, cuyo propósito es controlar a la mosca del Mediterráneo, mediante la Técnica del Insecto Estéril (TIE) y bajo un enfoque de Manejo Integrado de Plagas en Areas Extensas (MIP-AE), con el fin de mantener las áreas libres de plaga en Estados Unidos, México, Guatemala y Belice. Provee asistencia técnica y materiales biológicos a países que combaten esta plaga, con: a) pupa de machos estériles para programas de control (PC) y de liberación preventiva (PLP), b) huevo tratado térmicamente, para la producción de colonias 100% machos y c) adulto frío (machos estériles post-enfriamiento) para su liberación directa en campo.

El nivel de producción, típicamente entre 1,100 y 1,200 millones de pupas de machos estériles por semana, se encuentra documentado en el Documento de Soporte de Volúmenes y Cantidades por día, DS-PD-008. Para dicho nivel de producción se elaboran de 13.5 a 15 toneladas por día de dieta larval, cuyo medio de soporte (texturizante), es olote molido y bagazo de caña, según lo documenta el IN-PD-DT-001 Instructivo de Elaboración de Dietas (Reyes, 2007). El papel del medio de soporte es retener la humedad y nutrientes para alimentar a las larvas en la cría masiva de la mosca del mediterráneo.

Pérez (2015), documenta que se han evaluado medios de soporte alternativos para la dieta larval, desde productos gelatinizantes, papel, tallos molidos de maíz, plantas completas texturizadas (molidas) de maíz y cascarilla de arroz, tanto solos como mezclados (mix) con olote o bagazo, en distintas proporciones. La cáscara de maní es una alternativa interesante, por 3 razones:

a) Hay una gran provisión local, constante y estable de este insumo. Comparando estadísticas del INE (2004), y datos del Banco de Guatemala (2014), las áreas productoras de maní local, en Guatemala, se han mantenido en el centro y sur del país o aumentado en el norte. A diferencia, el olote de maíz empleado en El Pino es importado desde el país de Chile las fuentes locales de olote no han dado los resultados deseados) y el bagazo sólo está disponible un par de meses, durante la zafra.

b) Su costo es bajo. Se estima que el olote o bagazo molido tiene un costo superior a los USD \$ 2/Kg, mientras que el costo del maní molido sería mucho menor de USD \$ 1/Kg. Las principales razones para esta diferencia de costos es que la cáscara de maní es un insumo local (no paga los

altos costos de flete e internación del olote), está disponible en distintos meses del año (requiere menos costos de almacenaje que el bagazo) y no es necesario secarlo (el bagazo recién procesado es húmedo y hay que reducir su humedad mediante hornos o patios de secado).

c) Es un subproducto agrícola que si no es comercializado se convierte en basura y en un problema ambiental de 750 toneladas por año (considerando sólo la producción local) a 1,100 toneladas por año (sumando las importaciones de maní con cáscara provenientes de los países vecinos).

La selección del medio de soporte es importante para lograr dietas sueltas, con capacidad de absorber humedad y nutrientes. De acuerdo con Pérez (2015), la elaboración de dietas es uno de los costos directos más altos en la cría masiva: hace 15 años representaba el 76% de los costos directos y actualmente, menos del 30%. Esto se ha logrado con medidas como la selección adecuada del medio de soporte, que permite que el resto de componentes de la dieta produzcan larvas fuertes, bien nutridas, de alta calidad.

La presente investigación propone evaluar la cáscara de maní como medio de soporte (texturizante) en la cría larval de la mosca del Mediterráneo, en comparación con los medios de soporte tradicionales (olote molido y bagazo molido de caña de azúcar). De obtener resultados favorables, la Planta El Pino del Programa Moscamed Guatemala contaría con una provisión constante y más rentable de un medio de soporte que produzca materiales biológicos de alta calidad. A la vez se generaría una forma de utilizar subproductos (desperdicios) de una actividad agrícola que podría generar entre 750 y 1,100 toneladas de basura (cáscaras de maní) por año.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la cáscara molida de maní como medio de soporte (texturizante) en la dieta larval de la cría masiva de la mosca del Mediterráneo en la planta El Pino Moscamed.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las fracciones de cascara molida de Maní y sus propiedades físicas químicas.
- Evaluar las distintas fracciones de la cáscara molida de maní como medios de soporte de la cría larval y su efecto sobre el rendimiento (recuperación larval y pupas/gramo de dieta) y calidad del insecto (peso de pupas, % emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula).
- Realizar el análisis económico para cada uno de los tratamientos y Determinar si es factible emplear una o más fracciones de cáscara molida de maní como medios de soporte de la dieta larval de mosca del Mediterráneo.

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1 Hipótesis nulas**

- No existen diferencias en el rendimiento (recuperación larval y pupas/gramo) debido a los tratamientos (fracciones fina, media y gruesa).
- No existen diferencias en la calidad (peso de pupa, % emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula) debido a los tratamientos.
- No hay diferencia en la relación de beneficio/costo debido a los tratamientos.

### **5.2 Hipótesis alternativas**

- Existen diferencias en el rendimiento (recuperación larval y pupas/gramo) debido a los tratamientos (fracciones fina, media y gruesa).
- Existen diferencias en la calidad (peso de pupa, % emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula) debido a los tratamientos.
- Hay diferencia en la relación de beneficio/costo debido a los tratamientos.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Localización

El trabajo se realizó en la planta de producción de Moscamed, ubicada en la laguna El Pino, en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa, en Latitud 14.33° Norte y Longitud 90.44 Oeste, a una altitud de 1,060 msnm. La cáscara de maní y sus fracciones se procesaron en los laboratorios de Fisicoquímica de dicha planta. En dichos laboratorios se formuló la dieta larval, la cual se sembró con huevo de mosca del Mediterráneo y se mantuvo en las áreas de cría masiva de la Planta El Pino, hasta obtener larvas y pupas. Las muestras de pupas se trasladaron al laboratorio de Control de Calidad donde se realizaron las pruebas de calidad del material biológico.

### 6.2 Material experimental

**6.2.1 Testigo de olote molido.** En la planta El Pino se emplea como medio de soporte para la cría larval un olote molido proveniente de Chile, denominado Olote Grueso 8/20, según consta en el documento de soporte DS-GR-CO-007 Hoja Técnica de Olote Grueso 8/20. Según el IN-CC-FQ-001 Instructivo de Control y Aseguramiento Fisicoquímico, este medio de soporte está compuesto de tres fracciones: a) Gruesa: 10-30% de partícula grande (tamices 4 y 7 U.S. Std), b) Mediana: 60-80% de partícula mediana (tamices 14 y 20 U. S. Std) y c) Fina: 3-20% de partícula fina (tamices 100 y 170 U. S. Std). Su densidad típica es de 0.120 Kg/L y posee una capacidad de absorción de agua de 600%.

La empresa Andersonscob (2015), menciona que el olote es el hueste (raquis) de la mazorca del maíz. El olote tiene propiedades absorbentes y abrasivos. La paja (*chaff* en inglés) está en el exterior, la médula (*pith*) es el centro esponjoso suave con capacidad de absorber de 2-6 veces su peso de líquidos acuosos incluyendo, agua, salmuera, aceite y combustible diesel, y el anillo leñoso (*grit*) duro se forma entre el *pith* interno y el *chaff* externo. Adicionalmente en la base de cada grano de maíz se forman unas escamas llamadas “alas de abejas” o *beeswings*. La paja y la médula proporcionan capacidad de absorción, y el anillo leñoso tiene propiedades abrasivas.

**6.2.2 Tratamientos de cáscara de maní.** Muchas de las propiedades anteriormente descritas para el olote grueso 8/20 (granulometría, humedad, densidad, capacidad de absorción de agua) se desconocen para la cáscara molida de maní y sus fracciones, lo cual es una oportunidad de caracterizarlas en este estudio y determinar si es un medio de soporte viable para la cría larval de mosca del Mediterráneo.

Según Duque (2013), en Guatemala el principal uso de la cáscara de maní, es como combustible de calderas. También se utiliza como alimento de ganado porcino y de aves de corral, sustrato para cultivo de hongos, vehículo para pesticidas y fertilizantes, y algunos usos similares a la viruta de madera, tales como protección de plantas (*mulch*). También se puede producir carbón activo, a partir de la cáscara de maní, con múltiples aplicaciones: desde pastillas para contener diarreas y tratar la intoxicación por mercurio, hasta sofisticados y complejos procesos industriales.

En este estudio se caracterizan las fracciones gruesa, media y fina de la cáscara molida de maní que se generan al colocar una cantidad fija de cáscaras (i.e. 50 g) en una licuadora con capacidad de 2L y accionar las aspas por espacio de 30 segundos. Luego se separan las fracciones, empleando la misma serie de tamices empleada para caracterizar al olote grueso 8/20. Tiempos cortos de molienda tienden a generar una mayor proporción de partícula grande/media y tiempos largos generan una mayor proporción de partícula fina. A nivel industrial este proceso se realiza con molinos de martillos y tamices ó zarandas cilíndricas que permiten la separación de grandes cantidades de partículas en poco tiempo.

Todo el material necesario para los tres tratamientos del estudio (fracciones gruesa, mediana y fina de cáscara molida de maní) fue elaborado al principio, a partir de las mismas muestras de cáscara de maní y guardado en bolsas herméticas debidamente rotuladas y mantenidas en un cuarto con condiciones estables de humedad y temperatura, para garantizar que la composición y propiedades de cada una de las fracciones empleadas en las distintas repeticiones no cambiaran con el tiempo.

**6.2.3 Mosca del Mediterráneo y su manejo ambiental.** Los bioensayos se siembran a razón de 0.5 ml de huevo (=15,000 huevos) por 0.4 Kg de dieta. El huevo se obtiene del proceso de la Planta El Pino denominado “Reproductores Colonias” cuya metodología está documentada en los instructivos controlados por el Sistema de Gestión de Calidad de El Pino IN-PD-RE-001 AL 003.

Los bioensayos son colocados en salas con humedad y temperatura controlada, iniciando en 28°C (iniciación, larva 1) a 18°C (colecta, larva 4), con humedades relativas cercanas al 75-95%. La razón de este descenso de temperatura es que la larva pequeña (L1) no genera calor metabólico y necesita alta temperatura, luego al crecer incrementa el calor metabólico, que es máximo al momento que la larva grande (L4) abandona la dieta y es colectada, por lo que la temperatura ambiente debe ser más fría. Las condiciones de manejo se documentan en el DS-PD-009 Requerimientos Climáticos.

Una vez colectada la larva, se le coloca en aserrín, el cual simula la tierra donde la larva forma las pupas bajo condiciones naturales. La pupación (paso de larva a pupa) tarda un máximo de 2 días y la emergencia (paso de pupa a adulto) se da aproximadamente 15 días después. Ambos procesos se desarrollan en las salas de pupación y maduración de pupa, con temperaturas de 17-20°C y humedad relativa de 70-85%.

Los adultos tardan 5 días en madurar sexualmente y, con agua y comida, pueden llegar a vivir 20 días o más. Si la temperatura es alta, su ciclo de vida se acorta; si es baja, se alarga.

Las condiciones de las salas de Control de Calidad están descritas en el manual de calidad Versión 6.0 de la FAO, IAEA y USDA (2014), según la prueba que se realiza.

### **6.3 Factores a estudiar**

La cáscara molida de maní se caracterizó para describir la proporción de fracciones gruesa, media y fina obtenidas con el método de molienda aplicado y descrito. Dependiendo de qué fracción obtenga mejores resultados, es posible modificar los tiempos o el procedimiento de molienda para obtener una mayor fracción gruesa/media (i.e. menor tiempo de molienda) o fina (i.e. mayor tiempo de molienda).

Para cada fracción se determinó su humedad, densidad (Kg/L), capacidad de absorción de agua y cargas microbiológicas (UFC/g de bacterias, hongos y levaduras).

Mediante bioensayos de 0.4 Kg, para la dieta larval elaborada con cada una de las fracciones se determinó su rendimiento (recuperación larval en L de larva/Kg de dieta y pupas/g) y calidad (peso de pupa, % de emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula).

#### 6.4 Descripción de los tratamientos

El estudio incluye tres tratamientos que están formados por dietas elaboradas con la misma composición, donde la variable que cambia es la fracción de cáscara molida de maní (CMM gruesa, mediano y fina) empleada como medio de soporte. Un cuarto tratamiento es el testigo o control, que es dieta larval elaborada con olote 8/20 como medio de soporte (Tabla 3).

Tabla 3

*Descripción de los tratamientos para evaluar el efecto de la cáscara molida de maní en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo.*

Tratamiento	Medio soporte	Proporción de sólidos (%)	Total sólidos en la Dieta (g) <sup>a</sup>	Volumen huevo (ml)
1	Olote 8/20	38	160	0.5
2	Fracción CMM gruesa	38	160	0.5
3	Fracción CMM media	38	160	0.5
4	Fracción CMM fina	38	160	0.5

<sup>a</sup>Para calcular la cantidad del medio de soporte se multiplican los sólidos que son 160 gr por 0.38= 60.8gr por bandeja de dieta larval de 0.4 Kg.

#### 6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de una vía completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento (Sitún, 2007).

#### 6.6 Modelo estadístico

$$y(ij) = \mu + T(i) + E$$

Dónde:

y<sub>ij</sub> = valor de la variable respuesta

μ = media general

T<sub>i</sub> = efecto del i-ésimo tratamiento (i = 1, 2, 3, 4)

E = error experimental

## 6.7 Unidad experimental

Cada unidad experimental la constituye un bioensayo de 0.4 Kg de dieta larval sembrada con 0.5 ml de huevo, colocado en un tazón transparente rectangular Guateplast con capacidad de 0.5 Kg. Se empleó un total de  $4 \times 5 = 20$  tazones = 20 unidades experimentales.

Dado que cada unidad requiere 60.8gr de la fracción de cáscara molida de maní correspondiente a cada tratamiento (excepto las de olote 8/20) y que hay 15 unidades experimentales que emplean cáscara de maní, se requiere 0.912 Kg de cáscara de maní molida (304gr por cada fracción o tratamiento).

## 6.8 Croquis del experimento

Un conjunto completo de tratamientos (1 al 4) se colocó en cada uno de los 5 niveles de un anaquel, ya que  $4 \text{ tratamientos} \times 5 \text{ niveles} = 20$  unidades experimentales. Debido a que se verificó que las condiciones de humedad y temperatura son las mismas cada uno de sus niveles, no se consideró necesario emplear un diseño de BLOQUES al azar, ya que no existe un gradiente de temperatura o humedad (Tabla 4).

Tabla 4

*Croquis de los tratamientos para evaluar el efecto de la cáscara molida de maní en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo.*

N	1	1 T2	2 T1	3 T3	4 T3
I	2	5 T2	6 T4	7 T2	8 T4
V	3	9 T2	10 T2	11 T4	12 T3
E	4	13 T4	14 T4	15 T3	16 T1
L	5	17 T1	18 T3	19 T1	20 T1

Clave T1 = dieta fracción gruesa cáscara de maní, T2 = dieta fracción media cáscara de maní, T3 = dieta fracción fina cáscara de maní, T4 = testigo de olote grueso 8/20

## 6.9 Manejo del experimento

**6.9.1 Preparación del medio de soporte.** Se molió 10 Kg de cascara de maní en una licuadora industrial, en fracciones de 50gr, que se molió cada una por 30 seg. Luego se empleó la serie de tamices que se utiliza en la planta El Pino para caracterizar la granulometría del olote grueso 8/20, dando lugar a las siguientes fracciones: a) Gruesa (tamices 4 y 7 U.S. Std), b) Mediana: (tamices 14 y 20 U. S. Std) y c) Fina: (tamices 100 y 170 U. S. Std). Las fracciones se guardaron en bolsas ziploc para garantizar que su humedad y composición permaneciera constante.

**6.9.1.1 Prueba de granulometría.** Empleando una balanza semi-analítica (con precisión de 0.001 g), se pesaron en triplicado muestras de 50 g de cada una de las fracciones de cáscara molida de maní. Luego se trasladaron al laboratorio de granulometría que se encuentra a 2 km de la Planta El Pino, en las Bodegas de El Cerinal, Km 49 de la CA-2.

Dentro de un tamizador orbital Tyler Ro-Tap RX-94, se armó la secuencia de tamices, quedando de abajo hacia arriba: 170, 100, 20 14, 10 y 7 U. S. Std. Al final de la secuencia (al fondo) se coloca un retenedor para colectar el polvo. Este modelo permite colocar dos juegos de tamices y trabajar dos muestras en simultáneo.

Cada réplica se colocó en el tamiz superior. Se ajustó el temporizador del Ro-Tap a 5 minutos y se cierran los ganchos de seguridad. Se encendió y se dejó funcionar hasta que en el temporizador han transcurrido los 5 minutos. El aparato se apagó automáticamente. Cada tamiz se separó y su contenido se transfirió a una bandeja de pesado, con ayuda de una brocha. Se pesó, con la ayuda de la balanza semi-analítica. El porcentaje retenido en cada tamiz se determina mediante la siguiente fórmula:

$R_i = m_i/m_t \times 100\%$ , donde:

$R_i$  = % Fracción i (retenida en el tamiz i)

i = 1, 2, 3, ... 6

$m_i$  = peso i retenido en el tamiz i

$m_t$  = suma de pesos (Perez, 2011).

**6.9.1.2 Prueba de capacidad de retención de humedad.** La prueba se realizó en triplicado, pesando 25 g ( $m_o$ ) de cada fracción (fina, mediana y gruesa). Cada muestra se vació en una probeta graduada, la cual contiene 500 ml de agua. La mezcla se agitó por espacio de 2 min para permitir que el agua sea absorbida y se dejó reposar por 30 min. Luego se escurre el agua y se toma el peso final de la cáscara que ha absorbido agua ( $m_f$ ). El % de absorción de agua (%A, peso/peso) se calcula de la siguiente manera:

$$\%A = \frac{m_f - m_o}{m_o} \times 100; \text{ donde:}$$

$m_o$

$m_o$  = peso inicial de la muestra seca (=25 g)

$m_f$  = peso final de la muestra que ha absorbido agua (Perez, 2011).

**6.9.2 Preparación de la dieta larval.** La preparación de la dieta para los cuatro tratamientos se realizó en el área especial para la formulación de dietas de la planta El Pino Moscamed, que se encuentra a temperatura ambiente. Se prepararon 4 dietas con cinco repeticiones, haciendo un total de 20 unidades experimentales, que se prepararon de la siguiente manera:

Se pesaron los ingredientes secos en el tazón rectangular mediano de 35 onzas (0.5 Kg), Guateplast, siguiendo la fórmula de la dieta larval (Tabla 5), para obtener los siguientes valores:

Tabla 5

*Cantidad de ingredientes para dieta larval de la mosca del Mediterráneo.*

Ingrediente	Base seca (g)	% Final
Azúcar	40.67	10
Benzoato de sodio	1.09	0.3
Harina	27.04	6.7
Levadura	30.4	8
Texturizante <sup>1</sup>	60.8	15
Agua ácida	0	60
Total	160	100

(Reyes, 2007).

<sup>1</sup> Los texturizantes corresponden a las tres fracciones de cáscara de maní molido; se preparó una dieta con cada una de ellas.

Se midió en una probeta el agua ácida (1% de ácido clorhídrico), se vertió junto con el benzoato de sodio en la batidora y se mezclaron por 15 segundos. Después se agregaron los ingredientes sólidos y se mezclaron por 2 minutos hasta obtener una mezcla homogénea. Empleando un potenciómetro Inolab 3 con electrodo Sentix 81 para sólidos, se confirmó que el pH de la dieta esté dentro del rango establecido (3.4 a 4.0) y que sea el mismo en todas las unidades experimentales.

Una vez preparada la dieta de cada uno de los 3 tratamientos y sus repeticiones, correspondientes a las 3 fracciones de cáscara molida de maní, se colocaron en transparencias plásticas Guateplast de 32 oz (0.5 Kg) y procedió a confirmar que la dieta en cada una de ellas pesara 400 g.

Cada unidad experimental se sembró con 0.5 ml de huevo (unos 15,000 huevos), lo que equivale a una densidad de siembra de 5 ml de huevo por bandeja de 5 Kg (unidad estándar en cría masiva). En la cría masiva de El Pino, la misma bandeja de 5 Kg se siembra a 5.6 ml de huevo, por lo que en los resultados de este estudio se hace un ajuste para que los datos de este experimento sean comparables con los obtenidos en producción. Cada unidad experimental (bioensayo) se colocó dentro de una caja rectangular de colecta (transparencia plástica de 5 Kg) cuyo fondo contiene 1 Kg de aserrín; esto permitió conforme la larva fue saltando fuera de la dieta, que cayera dentro del aserrín y empupara, simulando el comportamiento de las larvas en la naturaleza (pupan en el suelo). Los tratamientos y sus repeticiones se aleatorizaron y colocaron en los anaqueles de colecta, según el croquis presentado en el cuadro 4.

El anaquel conteniendo los bioensayos que fueron llevados al departamento de cría larval de machos. Se anotó la fecha y hora de ingreso. A partir de aquí, los materiales pasaron 2 días en la sala de iniciación (larvas L1), 1 día en maduración larval 1 (larvas L2), 2 días en maduración larval 2 (larvas L3-L4) y por último la sala de colecta, donde las larvas saltaron fuera de la dieta y se dejaron pupar por espacio de 2 días. Las condiciones de las salas se describen a continuación:

**6.9.3 Iniciación larval.** La de temperatura es de  $26\pm 1$  °C; y la humedad relativa del 80%. En esta sala el huevo completa su eclosión e inicia el desarrollo de las larvas más pequeñas (L1).

**6.9.4 Maduración larval I y II.** Estas son dos salas, que se mantienen a  $24\pm 1$ °C y  $22\pm 1$ °C; ambas a una humedad relativa de 85%. La temperatura de cada sala desciende un par de °C ya que al aumentar de tamaño las larvas (L2-L4), generan más calor metabólico, que es necesario disipar.

**6.9.5 Colecta larvaria.** La temperatura de esta sala es de  $20\pm 1$ °C; y una humedad relativa de 60% H. R. En esta sala las larvas L4 de mayor tamaño saltan fuera de la dieta, comportamiento denominado *popping*.

**6.9.6 Pupación.** En esta sala se le proporcionó a las larvas recién colectadas un ambiente de  $20\pm 1$ °C, 60% de humedad relativa y oscuridad para promover la pupación y reducir el salto de las larvas al suelo

**6.9.7 Disposición final de las colectas por unidad experimental.** El total de pupa en cada bioensayo fue colectado por aparte, se midió en una probeta de 250 ml, anotando los resultados en su registro, y se trasladó a calidad del insecto para su maduración (2 semanas) y para realizar los montajes de las pruebas de calidad del insecto (peso de pupa, % de emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula). Por motivos de bioseguridad, los excedentes de material biológico (huevos, larvas, pupas y adultos) no utilizados se congelaron por 48 hr y se emplearon para la alimentación de peces en una laguna artificial dentro de las instalaciones de la Planta El Pino.

#### **6.10 Variables evaluadas en la cascara de maní**

Distribución granulometría (porcentaje %)

Densidad (Kg/L = g/ml) de cada fracción

Capacidad de retención de humedad (porcentaje %) de cada fracción

#### **6.11 Variables evaluadas en producción**

Número de pupas por gramo de dieta (millones de pupa por tonelada de dieta)

##### **6.11.1 Variables de calidad**

- a. Peso de Pupa
- b. Porcentaje de Emergencia

- c. Habilidad de vuelo
- d. Longevidad (vida media<sup>1</sup>)
- e. Propensión a la cópula (habilidad de cópula)
  - e.1 Porcentaje de cópula
  - e.2 Índice de cópula

<sup>1</sup> Vida media = horas a las que se alcanza el 50% de mortandad, en una prueba sin comida, ni agua.

## **6.12 Análisis estadístico**

Los objetivos de este análisis son: a) determinar si las variables descriptivas medidas en la cáscara molida de maní y sus fracciones lo hacen un candidato viable para ser utilizado como medio de soporte en la cría masiva de mosca del Mediterráneo y b) determinar si existen diferencias significativas en las variables de producción y calidad de los materiales biológicos (larva, pupa y adulto) producidos en cada tratamiento.

La primera parte del estudio es eminentemente descriptiva, por lo que no requiere pruebas estadísticas. Se caracteriza la cáscara molida de maní, midiendo el % que representa cada fracción (gruesa, media y fina), en el entendido que estos porcentajes son variables y dependen del método y tiempo de molienda: por ejemplo, si se desea incrementar el % de partícula gruesa y media se debe reducir el tiempo de molienda y si se desea más partícula fina, el tiempo de molienda debe aumentar.

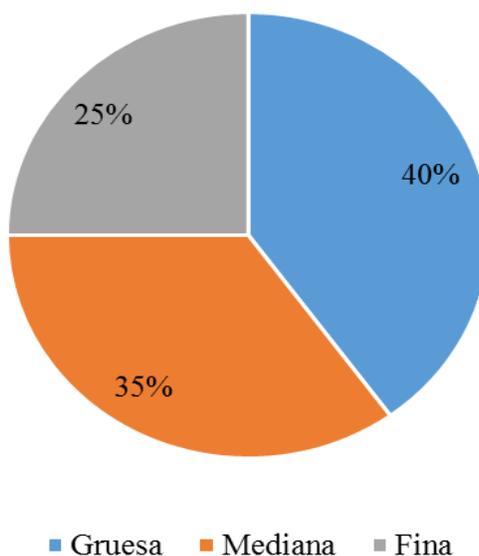
La densidad (Kg/L = g/ml) y capacidad de absorción de agua de cada fracción son también variables descriptivas. En otros medios de soporte se ha documentado que bajas densidades y alta capacidad de absorción de agua son deseables, ya que permiten la producción de larvas (por ende, pupas y adultos) de alta calidad y cantidad.

Para las variables evaluadas en producción (pupas/g = millones/ton) y calidad del insecto (peso de pupa, % de emergencia, habilidad de vuelo, longevidad y habilidad de cópula) se realizan dos tipos de análisis: el primero es un análisis de varianza de una vía con repeticiones, para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos y el testigo; el segundo es un análisis basado en los principios de control de calidad, para determinar si cumplen con los límites establecidos en el manual de calidad Versión 6, de la FAO, IAEA y USDA (2014).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

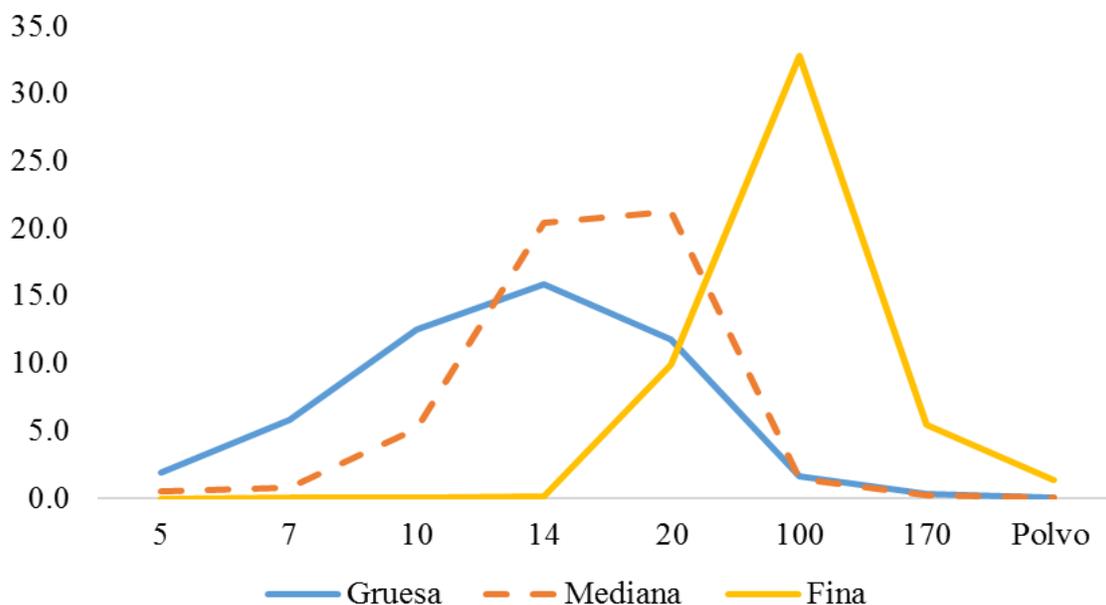
### 7.1 Caracterización de la cáscara de maní y sus fracciones

El método de molienda empleado (muestras de 50g de cáscaras de maní molidas por 30s en licuadora industrial) y la separación en la serie de tamices empleados para el olote grueso 8/20, generó las 3 fracciones de cáscara molida de maní que aparecen en la Figura 1, en las siguientes proporciones: fracción gruesa (40%) retenida por los tamices 4 y 7 U. S. Std, fracción media (35%) retenida por los tamices 14 y 20 U.S. Std y fracción fina (25%) retenida en los tamices 100 y 170 U. S. Std. Estos porcentajes pueden variar y dependerán del equipo, método y tiempos de molienda empleados.



*Figura 1.* Porcentaje relativo de las fracciones de cáscara molida de maní.

Al correr cada muestra nuevamente en la misma serie de tamices (del 4 al 170 U.S. Std) se obtiene, para las 3 fracciones de cáscara molida de maní, el perfil granulométrico que se presenta en la Figura 2.



*Figura 2.* Perfil granulométrico (tamaño de partícula) de las fracciones de cáscara molida de maní.

Como puede apreciarse en la Figura 2, aunque la fracción gruesa inicialmente quedó atrapada en los tamices 7 y 10, al volverla a correr por la serie completa de tamices, aparece una cantidad significativa de partícula que pasa del tamiz 10 y es atrapada en los siguientes tamices (14 y 20, incluyendo una fracción mínima en el tamiz 100). La razón de este comportamiento es que las mismas partículas grandes forman un tamiz que atrapa partículas de menor tamaño.

De igual forma se aprecia que la fracción media no queda retenida exclusivamente en los tamices 14 y 20, y que la fracción fina no queda retenida exclusivamente en los tamices 100 y 170. La explicación de cómo partículas “más grandes” pasan por un tamaño de tamiz “más pequeño” tiene que ver con la forma de dichas partículas: si las partículas fueran esféricas, esto sería imposible (una esfera pequeña no puede pasar por un agujero menor que su diámetro); sin embargo, si las partículas son fibras “cilíndricas” cuando una partícula “grande” (=larga) se coloca verticalmente, su diámetro es suficientemente pequeño para que pase a través del tamiz.

En la Tabla 6 presenta los resultados de la caracterización fisicoquímica de los medios de soporte, incluyendo el testigo de olote grueso 8/20 y las fracciones de cáscara molida de maní. La densidad del testigo de olote grueso 8/20 (0.143gr/ml) es menor que la de las fracciones de cáscara molida de maní, con densidades entre 0.180 a 0.200 g/ml. Aunque se esperaría que la mayor densidad

implique una menor capacidad de absorción de agua, la fracción fina de maní registró una capacidad de absorción (546%) mucho mayor que la del testigo de olote (492%); esto es deseable, ya que para formular una dieta larval estándar con 60% de humedad se requeriría un mínimo de 122 Kg de olote grueso 8/20/ton y, en comparación, requeriría 119 Kg de fracción fina de maní. Esta pequeña diferencia de 3 Kg/ton de dieta larval representaría un ahorro de 16.5 ton de medio de soporte por año en el proceso de elaboración de dietas larvales.

Tabla 6

*Perfil fisicoquímico (densidad y porcentaje de absorción de agua) de los medios de soporte del testigo de olote grueso 8/20 y las fracciones de cáscara molida de maní.*

MEDIO DE SOPORTE	DENSIDAD (g/ml)	% ABSORCION AGUA (p:p)
Testigo olote grueso 8/20	0.143	492%
Fracción gruesa maní	0.180	328%
Fracción media maní	0.200	406%
Fracción fina maní	0.185	546%

Se aprecia que la disminución del tamaño de partícula en las distintas fracciones de cáscara molida de maní no cambia su densidad siguiendo un patrón definido. Sin embargo, sí incrementa la capacidad de absorción de agua, desde la fracción más gruesa hasta la más fina. Esta combinación de alta densidad y alta capacidad de absorción de agua en la fracción fina de cáscara molida de maní es positiva. Uno de los problemas que presenta el olote grueso 8/20 es que para lograr alta capacidad de absorción de agua, su densidad debe ser muy baja (i.e. <0.120), lo cual hace que el costo de flete sea elevado, ya que es muy caro transportar desde Chile grandes volúmenes de olote, con pesos bajos.

En la Tabla 7 presenta el perfil microbiológico de los medios de soporte empleados en las dietas de los distintos tratamientos. Por motivo de que estos datos pueden prestarse a malas interpretaciones (i.e. signos de contaminación microbiana), se presentan indicando sus límites y se determina si el medio de soporte los cumple o no.

Los incumplimientos (que no aplican en este caso, ya que todos los texturizantes analizados cumplen) se trabajan de la forma siguiente: a) si la relación de bacterias/(levaduras+hongos) es alta, no se esperan problemas de fermentación en la dieta ya que las bacterias suprimen a los hongos y levaduras que causan la fermentación; b) si las cargas microbiológicas totales son altas, por encima de los límites, se revisan los insumos de dietas, el contenido de cloro del agua, la limpieza de las bandejas de dietas, la calidad del aire, hasta encontrar la causa del problema y corregirla; mientras tanto se advierte a Producción que se puede presentar calentamiento de las dietas, por lo que pueden manejar temperaturas más frías en los ambientes de cría larval; c) si las cargas microbiológicas totales son bajas, por debajo de los límites, se advierte a Producción que pueden haber dietas frías y atrasos, por lo que pueden manejar temperaturas más altas en los ambientes de cría larval.

Tabla 7

*Perfil microbiológico (cumplimiento de los límites de bacterias mesófilas, levaduras y hongos) de los medios de soporte del testigo de olote grueso 8/20 y las fracciones de cáscara molida de maní.*

CARGAS	Límites (UFC/g)	Testigo Olote	Fracciones cáscara maní		
			Gruesa	Media	Fina
Bacterias	35,700-4,150,000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Levaduras	82-175,000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Hongos	114-287,000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

## 7.2 Variables evaluadas en Producción

En la Tabla 8 presenta los resultados obtenidos en producción para las pupas producidas por gramo, que son equivalentes a los millones de pupa por tonelada de dieta.

Tabla 8

*Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta.*

Repetición	Fracción gruesa	F. media	F. fina	Testigo olote
1	8.50	7.84	11.19	11.95
2	9.24	7.88	8.28	8.89
3	10.03	8.09	9.57	11.60
4	8.37	8.70	11.64	11.90
5	9.02	7.87	10.74	10.78
Media	9.03bc	8.07c	10.28ab	11.02a

Las medias aritméticas que tienen la misma letra no difieren estadísticamente ( $P = 0.05$ ).

A estos resultados se les hizo un análisis de varianza y los resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9

*Análisis de varianza de una vía para las Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta*

Fuente de Variación	de Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado Medio	F. exp	F. 0.01 y 0.05	Tab.	P
Tratamientos	3	25.7	8.57	8.44	5.29	3.24	0.0014**
Error	16	16.25	1.02				
Total	19	41.95					

\*\*Diferencias altamente significativas. CV 10.49%

Según los datos de la Tabla 9, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos para la producción de millones de pupa por tonelada de dieta, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual indica que no existe diferencias entre los tratamientos. Se acepta la hipótesis alternativa la cual indica que por lo menos uno de los tratamientos con cascará de maní será diferente resto. Con un coeficiente de variación del 10.49%, indica que los datos obtenidos para esta variable, se encuentran dentro de un rango aceptable de variación.

Para determinar estadísticamente cuál de los tratamientos se obtiene la mayor cantidad de millones de pupa por tonelada de dieta, se realizó una prueba múltiple de media (Tukey 0.05). Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 10

*Análisis de varianza de una vía para las Pupas producidas por gramo de dieta, equivalente a millones de pupas por tonelada de dieta.*

Tratamiento	Descripción	Medias	Significancia	
T4	Testigo olote	11.02	A	
T3	Fracción fina	10.28	A	B
T1	Fracción gruesa	9.03	B	C
T2	Fracción media	8.07	C	

Analizando los resultados de la Tabla 10, la producción más alta (11.02 pupas/g = 11.2 millones de pupas/ton de dieta larval) se obtuvo con el testigo de olote y estadísticamente no se puede diferenciar de la producción obtenida con la dieta larval elaborada con la fracción fina (10.28 pupas/g = 10.28 millones de pupas/Ton de dieta larval) de cáscara molida de maní (ambas están en el rango A). La dieta elaborada con la fracción gruesa tuvo un rendimiento estadísticamente menor (9.03 pupas/g = 9.03 millones de pupas/ton de dieta) y el más bajo fue el obtenido con la dieta elaborada con la fracción media (8.07 pupas/g = 8.07 millones de pupas/ton de dieta).

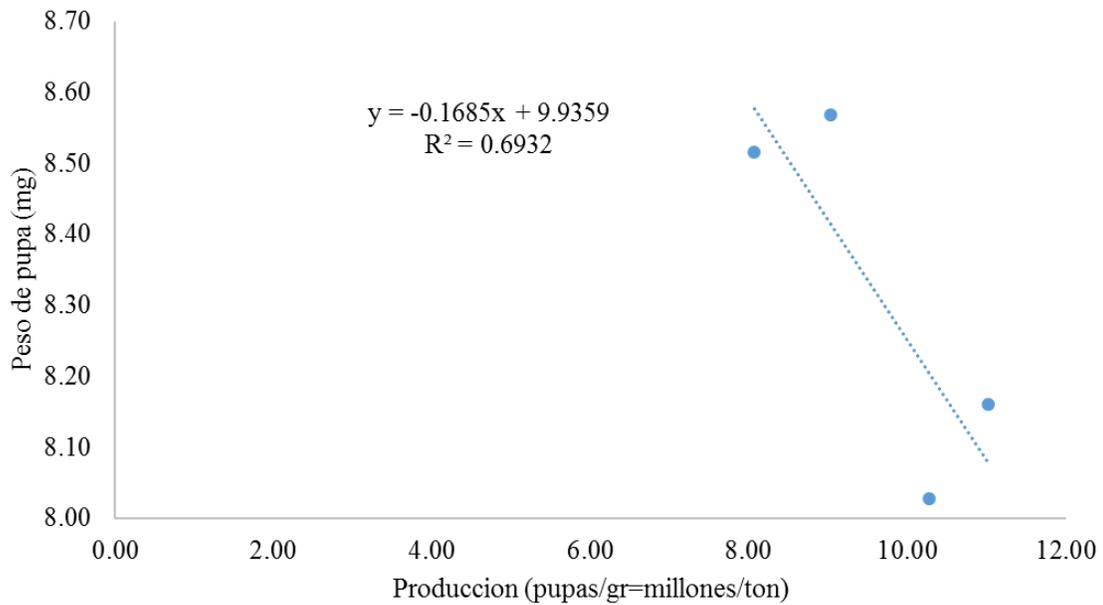
Según el Instructivo de Control y Aseguramiento Físicoquímico de la Planta El Pino Moscamed, para aceptar un sustrato como medio de soporte éste debe superar la meta de más 10 millones de pupas por tonelada de dieta larval. Por tanto, en las condiciones de este estudio, solamente la fracción fina de cáscara molida de maní calificaría como medio de soporte para dieta larval de mosca del Mediterráneo.

Se recomienda un análisis económico para buscar el mayor beneficio entre los tratamientos evaluados.

Tabla 11  
*Medias Aritméticas de las variables de calidad evaluadas en la Planta El Pino, Santa Rosa, 2016.*

Variable	Tratamiento/Dieta			
	Gruesa	Media	Fina	Testigo
Rendimiento (pupas/gr)	9.03bc	8.07c	10.28ab	11.02a
Peso de Pupa	8.57	8.52	8.03	8.16
Emergencia	95.00	93.9	95.7	94.5
Voladoras	92.2	91.8	93.4	91.00
Longevidad	88.78	91.97	83.73	87.77
Copula %	90	94	86	86
Cópula (Índice)	71.28	64.8	66.64	62.86

En la Tabla 11, presenta los datos de calidad de los materiales biológicos obtenidos en los distintos tratamientos, incluyendo el testigo. Se incluye la variable de rendimiento, analizada en los Cuadros del 3 al 5 como referencia para establecer la relación entre cantidad y calidad. Este cuadro sugiere que hay una relación inversa entre la cantidad (rendimiento en pupas/g = millones de pupas/ton de dieta) y el peso de pupa: a mayor rendimiento, menor peso de pupa. La relación inversa se da porque a mayor número de larvas habrá menor disponibilidad de alimento por lo tanto habrá un menor peso entre las pupas. Esta relación se grafica en la Figura 3, a continuación.



*Figura 3.* Relación entre el Peso de pupa (mg) y el rendimiento (pupas/g = millones /ton de dieta larval).

La Figura 3 sugiere que hay una alta relación entre ambas variables ( $R^2 = 0.6932$ ) y que las dietas elaboradas con las fracciones gruesa y media pueden ser sembradas con una mayor densidad (ml de huevo/bandeja de dieta) y, de esta forma, su rendimiento aún puede incrementarse ya que los pesos son mucho más altos que los del testigo de olote 8/20 y la dieta elaborada con la fracción fina de cáscara molida de maní.

El resto de parámetros de calidad son aceptables y se aprecia que todos los tratamientos elaborados con fracciones de cáscara molida de maní tienen una calidad más alta que el testigo de olote 8/20, lo cual es deseable. Estos resultados se presentan en las Figuras 4 a 7.

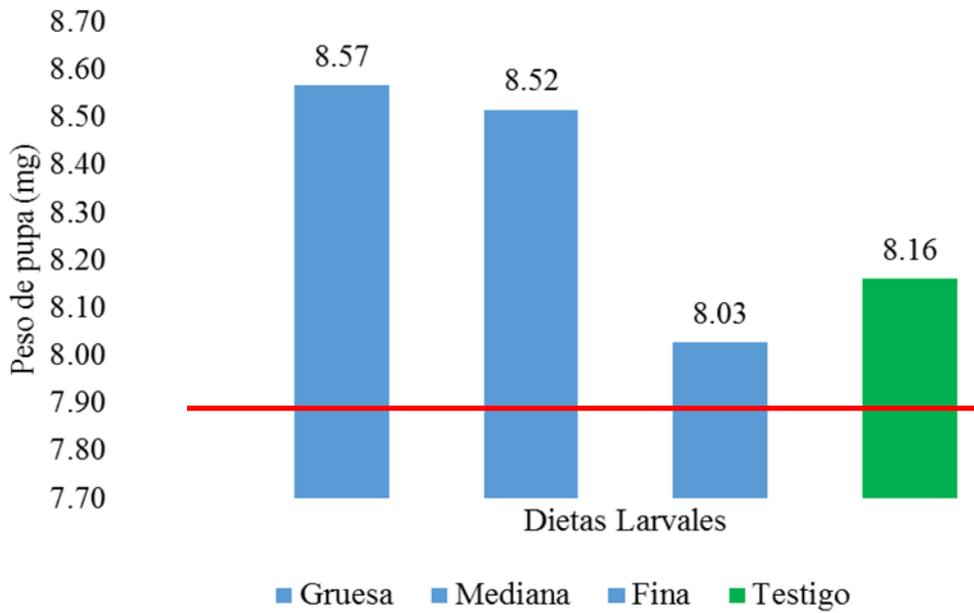


Figura 4. Peso de pupa de los tratamientos evaluados. La línea roja indica el peso mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014).

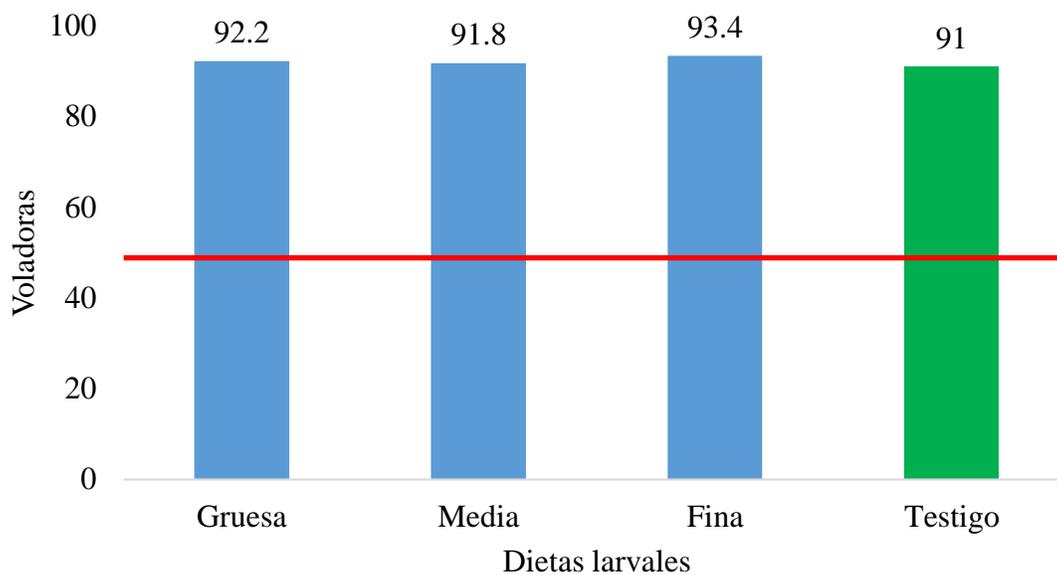


Figura 5. Habilidad de vuelo (% Voladoras) de los tratamientos evaluados. La línea roja indica el mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014).

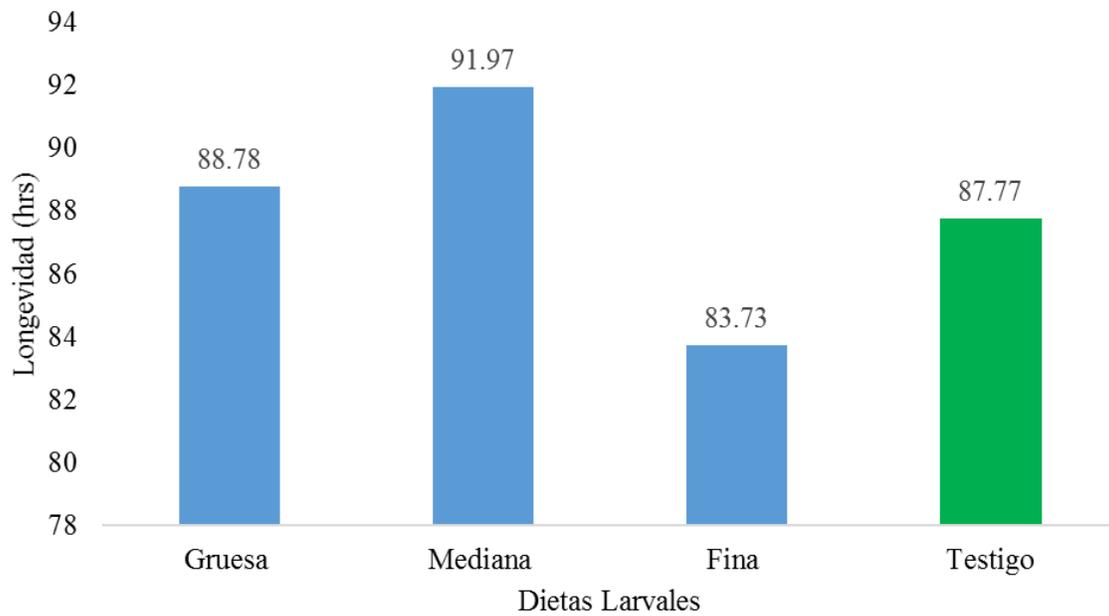


Figura 6. Longevidad (hrs) de los tratamientos evaluados. 50 horas es el mínimo aceptable (FAO, IAEA y USDA, 2014).

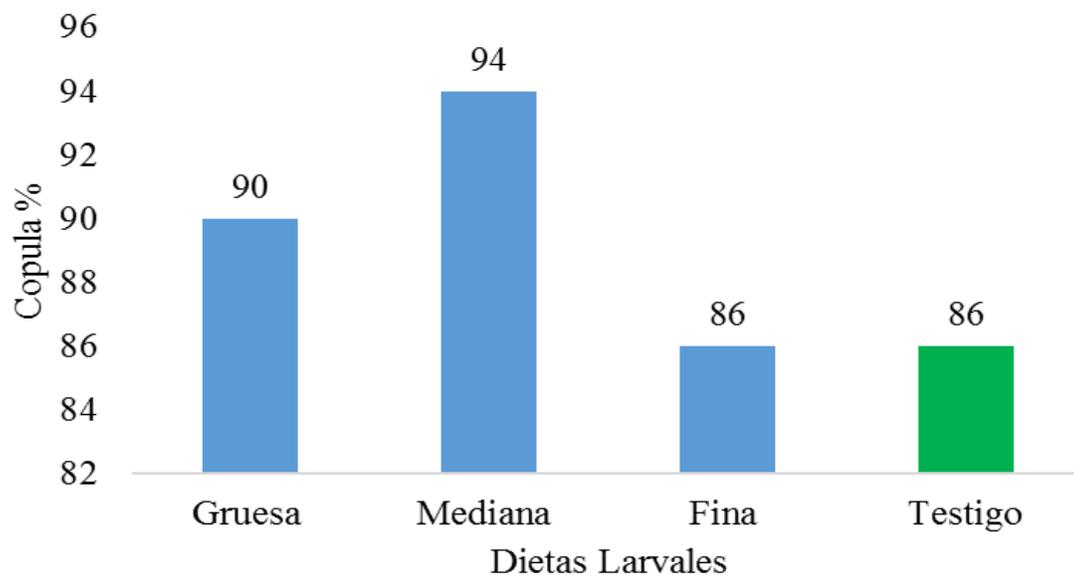


Figura 7. Propensión a la cópula (% cópula) de los tratamientos evaluados. El mínimo aceptable es el 50% (FAO, IAEA y USDA, 2014).

Tabla 12

*Análisis Económico de la cáscara de maní como texturizante (vs. Olote grueso 8/20).*

Dieta	Costo/t USD \$	Ahorro Por día USD \$		Ahorro por mes		Ahorro por año	
		Toneladas	Ahorro	Toneladas	Ahorro	Toneladas	Ahorro
Olote	150	14	0	420	0	5,110	0
Cascara Maní	70	14	1,120	420	33,600	5,110	408,800

El costo de cualquiera de las fracciones de maní es el mismo y tiene un costo por tonelada de USD \$ 70.00 versus USD \$150.00 para el olote molido 8/20. Dado que se emplean 14 t/día de dieta larval, el cambio a cáscara de maní, específicamente la fracción fina, mantendría la productividad, incrementaría la calidad y generaría un ahorro de USD \$408,800 por año.

En resumen, se cumplieron los objetivos del estudio. Se caracterizó la cáscara molida de maní y sus fracciones. Se evaluó la factibilidad de emplear dichas fracciones como medios de soporte para la dieta larval de mosca del Mediterráneo en la Planta El Pino Moscamed. Se recomienda emplear la fracción fina, que es la de mayor productividad (todas tienen calidad por encima de la del testigo de olote 8/20) y el análisis económico muestra un ahorro significativo al emplear cáscara de maní como medio de soporte en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo.

## 8. CONCLUSIONES

- Se caracterizaron las fracciones de cáscara molida de maní. El método de molienda empleado produjo un 40% de fracción gruesa (retenida en los tamices 4 y 7 U.S. Std), un 35% de fracción mediana (retenida en los tamices 14 y 20 U.S. Std) y 25% de fina (retenida en los tamices 100 y 170 U.S. Std).
- La densidad de las fracciones de cáscara molida de maní es alta (0.180-0.200 g/ml = Kg/L) y mayor que la del testigo de olote (0.143 g/ml = Kg/L). La capacidad de absorción de agua es adecuada en las fracciones mediana (406%) y fina (546%); como referencia, la capacidad de absorción de agua del testigo de olote 8/20 es de 492%.
- Todas las fracciones de cascara molida de maní evaluadas cumplen con las cargas microbianas de bacterias, levaduras y hongos que indica el Instructivo de control y Aseguramiento Físicoquímico IN-CC-FQ-001 del Programa de Moscamed.
- La fracción fina presenta una productividad (pupas/g de dieta larval = millones de pupa/ton de dieta larval) estadísticamente comparable a la del testigo de olote 8/20. Es menor en la fracción gruesa y media.
- La calidad del material biológico es mayor en todos los tratamientos de cáscara molida de maní que en el testigo de olote 8/20.
- El análisis económico muestra que si el olote 8/20 es reemplazado por una fracción de cáscara de maní, los costos de elaboración de dietas larvales se reducirían alrededor de USD \$408,800/año.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda evaluar a gran escala la cáscara de maní molido fracción fina, como texturizante de la dieta larval de mosca del Mediterráneo, en la Planta El Pino Moscamed.
- Se recomienda evaluar la fracción gruesa y media, a una mayor densidad de siembra (ml huevo/bandeja) y comprobar si puede obtenerse un mayor rendimiento, comparable al del testigo de olote 8/20, conservando la calidad de los materiales biológicos.
- Se recomienda continuar evaluando la cáscara de maní (por ejemplo, como medio de pupación o como harina en la dieta) para dar un uso a un subproducto agrícola y evitar la contaminación al desecharlo.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Copeland, R., E. Wharton, Q. Luke and M. Meyer (2002). Indigenous hosts of *Ceratitis capitata* (Díptera: Tephritidae) in Kenya. *Annals of the Entomological Society of America*, 95: 672-694.
- Corado, M. (2016). Caracterización climática de la Planta El Pino Moscamed. Moscamed, Guatemala. 38 pp.
- Corado, M. y Perez. R. (2017). Propuesta para el análisis e integración de datos climáticos y fenológicos como herramientas predictivas en las operaciones de campo del Programa Moscamed Guatemala. Moscamed, Guatemala. 40 pp.
- De Meyer, M., R. Copeland, R. Wharton y B. McPherson (2002). On the geographic origin of the medfly. *Proceedings of the 6th international fruit fly symposium*. Stellenbosch, South Africa. 45-53.
- Duque, E. C. (2013). Comparación agronómica de diez cultivares de maní (*arachis hypogaea*; fabaceae) en Ipala, Chiquimula
- Enkerlin, W., J. Gutiérrez-Ruelas, A. Villaseñor, E. Cotoc, D. Midgarden, P. Liedo y F. Trujillo. (2015). Area freedom in Mexico from Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae): A review of over 30 years of a successful containment program using an integrated area-wide SIT approach. *Florida Entomologist*, 98: 665-681.
- FAO,IAEA y USDA (2014). Product quality control for the sterile mass-reared and released tephritid fruit flies. Version 6.0. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. 164 pp.
- Gasparich, G., J. Silva, H. Han, B. McPherson, G. Steck y W. Sheppard. (1997). Population genetic structure of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) and implications for worldwide colonization patterns. *Annals of the Entomological Society of America* 90: 790-797
- Hendrichs, J., A. Robinson, J. Cayol y W. Enkerlin. (2002). Medfly area wide sterile insect techniques programmes for prevention, suppression or eradication. *Florida Entomologist*, 85:2-8.

- INE. (2004). IV censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala. 267 pp.
- Moscamed. (2017). <http://moscamed-guatemala.org.gt> (consultado el 23.01.2018).
- Pecorrelli, M. P. (1995). Determinacion Del Efecto De Seis Dietas Alimenticias En La Cria Masiva De La Mosca Del Mediterraneo (Cerratitis Capitata Wied). En San Miguel Petapa, Guatemala. . Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala.
- Perez, R. P. (2011). Instructivo de Control y Aseguramiento Fisicoquimico, IN-CC-FQ-001. Guatemala, Guatemala: Programa Moscamed. 31 pp.
- Perez, R. P. (22 De Agosto De 2015). Reproduccion Del Macho Esteril De La Mosca Del Mediterraneo. (K. S. Quijada, Entrevistador)
- Perez, R. P. (2016). La mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wied.): Biología y hábitos. Moscamed, Guatemala, 37 pp.
- PROGRAMA MOSCAMED. (s.f.). Programa Moscamed Guatemala. Recuperado El 3 De Septiembre De (2015), De Programa Moscamed Guatemala: <Http://Moscamed-Guatemala.Org.Gt/>
- Sitún, M. S. (2007). Investigacion Agrícola . Barcena, Villa Nueva: Escuela Nacional Central de Agricultura.
- Reyes, F. (2007). Instructivo de elaboración larval. IN-PD-DT-001. Controlado por el sistema de calidad el Pino. Planta el Pino Moscamed, Guatemala. 24 pp.