

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-  
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO -  
IIACUNSARO-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,  
DIAGNÓSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN DEL  
PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN  
DIETA LARVAL DE *Ceratitis capitata* (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN  
PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA**

**JOSÉ PABLO ROLDÁN SÁNCHEZ**

**REGISTRO ACADÉMICO: 201548299**

**CUI: 2720013090613**

**CORREO ELECTRÓNICO: 10seroldan69@gmail.com**

**ASESOR: M. Sc. OSCAR ROBERTO ZALDAÑO HERNANDEZ**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-  
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA**

**INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,  
DIAGNÓSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN DEL  
PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN  
DIETA LARVAL DE *Ceratitis capitata* (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN  
PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO- DE LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**JOSÉ PABLO ROLDÁN SÁNCHEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-  
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO -  
IIACUNSARO-**

**RECTOR MAGNIFICO**

**M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis**

**CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA**

**Presidente del Consejo Directivo: Lic. José Luis Aguirre Pumay**

**Secretario del Consejo Directivo: Lic. Elmer Amílcar Carrillo Chávez**

**Representante de docentes: Lic. Walter Armando Carvajal Díaz**

**Representante de docentes: Lic. Alex Edgardo Lone Ayala**

**Representante de egresados: Lic. José Domingo González Morales**

**Representante estudiantil: Samuel Antonio Hernández del Cid**

**Representante estudiantil: Héctor Edmundo Pablo Solís**

**COORDINACIÓN ACADÉMICA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Lic. Manuel Orlando Bolaños Gudiel**

Coordinador General de Exámenes de Graduación

**Lic. Elmer Amílcar Carrillo Chávez**

Coordinador Académico

**Lic. Elman Erik González Ramos**

Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y  
Técnico en Administración Educativa, Cuilapa

**Lic. Selvin Minray Guevara Rivera**

Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y  
Técnico en Administración Educativa, Taxisco.

**Lic. Juan Alberto Martínez Pérez**

Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y  
Técnico en Administración Educativa, Chiquimulilla.

**Lic. Alex Edgardo Lone Ayala**

Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,  
Abogacía y Notariado, Chiquimulilla.

**Lic. Efraín Barrientos Jiménez**

Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,  
Abogacía y Notariado, Cuilapa.

**Lic. José Apolonio Melgar Carrillo**

Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,  
Abogacía y Notariado, Nueva Santa Rosa.

**Lic. Héctor Antonio Arriaza Álvarez**

Licenciatura en Administración de Empresas, Chiquimulilla.

**Lic. Orlando Alexander Bardales Rodríguez**

Licenciatura en Administración de Empresas, Cuilapa.

**Ing. Agr. Nery Boanerges Guzmán Aquino**

Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola,  
Nueva Santa Rosa.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-  
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
CUNSARO -IACUNSARO-



¡El cuestionario debe ser llenado a computadora o con letra de molde legible!

Para uso del IACUNSARO

FECHA SOLICITUD 27/04/2021	FECHA APROBACION 04/05/2021	FIRMA: 
-------------------------------	--------------------------------	------------

Estudiante responsable: José Pablo Roldán Sánchez

Título de la Investigación: Determinación de dosis óptimas de pH, porcentaje de humedad, manejo y densidad de siembra de *Ceratitis capitata* (Wied.) en Planta El Pino MOSCAMED.

Lugar donde se realizará: Planta El Pino, MOSCAMED, Parque Nacional Laguna El Pino, Barberena, Santa Rosa

Carné: 201548299	Dirección exacta: Km 47.5 carretera Interamericana, Parque Nacional Laguna El Pino, Barberena, Santa Rosa	Teléfono: 23141212
---------------------	---	-----------------------

Asesores propuestos:

Colegiado No.	Nombre	Vo. Bo. Asesor
2013	Ing. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández	
Carrera Asignada:	Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola	
Especifique línea de investigación del IIA	A. Situación agraria y Desarrollo Rural.	
	B. Manejo de cuencas hidrográficas.	
	C. Tecnologías sostenibles para SPA Y RNR.	
	D. Manejo y conservación de ecosistemas naturales.	
	E. Biodiversidad.	
	F. Cadenas productivas agrícolas y forestales.	X

Duración del Proyecto: 3 meses  
Fecha Inicio: Junio 2021  
Fecha Finalización: Agosto 2021

Documentación Adjunta a la presente solicitud:	Certificación de Cursos	
	Constancia de Cierre de Currículum	
	Constancia de aprobación de EPS	

**¿Qué problema espera resolver con esta investigación?**

Se desea optimizar parámetros de producción en la cría masiva de machos estériles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann), evaluando diferentes pH, % humedad, manejo (temperatura acumulada) y densidad de siembra (ml huevo/bandeja de 5Kg de dieta larval). Dado que esta es una plaga agrícola clave, que ataca los frutos de unas 400 especies de plantas de importancia agrícola, su control a través de la técnica del insecto estéril es de gran impacto para la producción agrícola, exportaciones y desarrollo social en Guatemala.



¡El cuestionario debe ser llenado a computadora o con letra de molde legible!

**¿Qué consecuencias provoca el problema?**

Existen alrededor de 25 plantas de cría masiva para moscas de la fruta alrededor del mundo. El incremento de costos debido a la inflación ha hecho que la mayoría de ellas opere en forma subóptima o cierren. Si los programas de control de esta plaga no optimizan sus costos continuamente, esto tendría consecuencias negativas para la producción y comercialización de productos agrícolas.

**¿Qué tan importante es resolver el problema para la comunidad o empresa relacionada? ¿Qué beneficios directos y/o indirectos tendría solucionarlo?**

Existen estudios publicados que muestran que el impacto positivo del Programa Moscamed Guatemala tiene un valor neto de varios miles de millones de dólares. Tan sólo México recuperó la inversión de 40 años en el Programa Moscamed en el primer año de exportaciones del CAFTA. Para Guatemala representa la oportunidad de producir y exportar frutas y vegetales libres de plaga y plaguicidas. El impacto social, económico y ambiental es positivo, pero depende de poder seguir optimizando el proceso de cría masiva para garantizar una provisión estable de controles biológicos.

**¿Cómo cree usted que se puede solucionar el problema? ¿Qué metodología propone para la búsqueda de las soluciones?**

La optimización de la cría larval de los machos estériles es clave para mantener una alta eficiencia de costos, productividad, calidad y desempeño en campo. Esto ha sido publicado por numerosos autores.

**Metodología planteada:** Se trabajará a pequeña escala (ensayos de 1 Kg), con 3 pruebas bifactoriales que identificarán el impacto de los parámetros más críticos de producción, evaluando:

- a) 2 densidades de siembra x 2 porcentajes de humedad
- b) 2 densidades de siembra x 2 niveles de acidez (pH)
- c) 2 densidades de siembra x 2 tipos de manejo (temperatura acumulada)

En el ensayo (a) se determinará la humedad óptima, la cual se integrará en los ensayos siguientes, luego en el ensayo (b) el pH óptimo y en el (c) la temperatura acumulada óptima.

Como variables de respuesta se medirán:

- i) El rendimiento de larva obtenida
- ii) Problemas de fermentación, contaminación de hongos u otro
- iii) Calidad (peso de pupas, %voladoras, longevidad)
- iv) Relación beneficio/costo (eficiencia de costos)

Cada diseño se evaluará con un ANDEVA de DOS VÍAS (BIFACTORIAL), con un total de  $2 \times 2 = 4$  tratamientos/experimento. De encontrar diferencias significativas Se aplicará una prueba de Tukey para separar las medias aritméticas.

José Pablo Roldán Sánchez  
Nombre y firma de estudiante



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA  
SECCION NUEVA SANTA ROSA. AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO

REF. SEM. 03-2021  
Nueva Santa Rosa, 03 de febrero de 2021.

Ing. Oscar Zaldaño  
Asesor de Tesis.

La Dirección del Instituto de Investigaciones agronómicas CUNSARO, informa a usted que de acuerdo al artículo X, artículo 34 del Reglamento de Tesis de Grado, ha sido nombrado como Asesor del (la) estudiante: **José Pablo Roldán Sánchez** Carné: **201548299** para realizar la investigación denominada:

**Evaluación del porcentaje de líquidos, pH, manejo y densidad de siembra en dieta larval de Ceratitis capitata (WIED.), a pequeña escala, en planta El Pino, MOSCAMED, El Cerinal, Barberena, Santa Rosa**

Por lo anterior, se le recuerda que el Reglamento de Tesis de Grado, establece como obligaciones de los Asesores las siguientes:

- a) Revisar y aprobar preliminarmente el anteproyecto de investigación de tesis así como los informes antes de ser presentados en los Seminarios I y II de tesis y el informe final de la investigación en los cuales participen estudiantes bajo su asesoría.
- b) Asistir a los seminarios en los cuales participen estudiantes bajo su asesoría.
- c) Velar porque se incorporen las sugerencias que surjan de los seminarios, tendientes a mejorar el trabajo de investigación.
- d) Supervisar las diferentes etapas de ejecución del trabajo de investigación y dar fe de los resultados obtenidos.

Finalmente, se agradece su valiosa colaboración y se le solicita que al concluir el proceso de investigación con su autorización, sea remitido a esta oficina el Informe Final respectivo como lo estipula el Reglamento correspondiente.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"  
  
Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Heredia  
COORDINADOR DE SEMINARIOS DE TESIS DE EPS  


c.c. Estudiante  
Expediente Estudiante  
Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA  
SECCION NUEVA SANTA ROSA, AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUN SARO

DICTAMEN EPS 03-2021  
Nueva Santa Rosa, 3 de febrero de 2021

Licenciado Manuel Orlando Bolaños Gudiel  
Coordinador General de Exámenes de Graduación  
Centro Universitario de Santa Rosa, USAC  
Cuilapa, Santa Rosa

Reciba un cordial saludo deseándole éxitos en sus actividades administrativas en el Centro Universitario de Santa Rosa, atentamente me dirijo a usted en atención al nombramiento 03-2021 de la Coordinación de Ejercicio Profesional Supervisado y Tesis, de fecha 3 de febrero de 2021 en el cual se me nombra **ASESOR-REVISOR** del Ejercicio Profesional el estudiante **José Pablo Roldán Sánchez** quien se identifica con Registro Académico **201548299** para lo cual se le brindó asesoría de su trabajo de investigación, denominado:

**Evaluación del porcentaje de líquidos, pH, manejo y densidad de siembra en dieta larval de Ceratitis capitata (Wied.), a pequeña escala, en Planta El Pino, MOSCAMED, El Cernal, Barberena, Santa Rosa.**

y de la manera muy atenta hacia usted le informo:

Que como Revisor del Ejercicio Profesional Supervisado, manifiesto que procedí a analizar el expediente de la estudiante en mención, el cual contiene las fases exigidas por el normativo del Centro Universitario de Santa Rosa, observando lo siguiente:

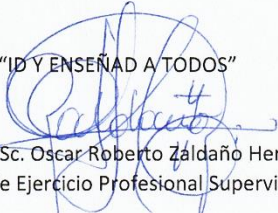
Le recomendé algunos cambios en la forma, estilo, gramática y redacción del informe de Ejercicio Profesional Supervisado, habiendo cumplido a cabalidad con los mismos, por lo tanto, procedo a emitir:

**DICTAMEN FAVORABLE**

por lo que solicito se prosiga con la gestión administrativa que corresponda,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández  
Revisor de Ejercicio Profesional Supervisado

c.c. Estudiante  
Expediente Estudiante  
Archivo





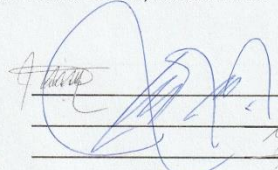
REF.CUNSARO-IIA-RAII 02-2021

**DICTAMEN DE REUNIÓN ACADÉMICA II**

Nombre del Estudiante: José Pablo Roldán Sánchez      Carné: 201548299  
 Hora y fecha de realización: 17:00 horas      26 de octubre de 2021

Título:  
*Optimización del nivel de pH, porcentaje de humedad, manejo y densidad de siembra de Ceratitis capitata (Wiedemann) en Planta El Pino, MOSCAMED.*

Evaluador:

Ing. Manfredo Fuentes (f)   
 Ing. José Morales (f) \_\_\_\_\_  
 Ing. Mario Tarot (f) \_\_\_\_\_

EVALUACIÓN:

APROBADO PARA SU EJECUCIÓN	<input type="checkbox"/>
APROBADO SUJETO A CAMBIOS	<input checked="" type="checkbox"/>
REPROBADO	<input type="checkbox"/>

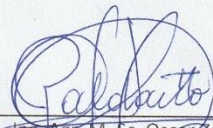
Posterior a la Reunión Académica II, en calidad de evaluador dictamino que el trabajo del estudiante ha sido **APROBADO SUJETO A CAMBIOS**; por lo que se deberá incorporar a su documento las siguientes correcciones:

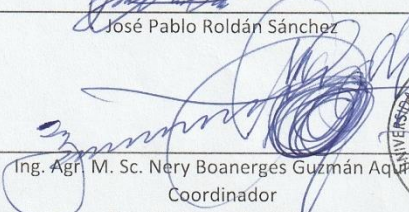
- \*Revisar la palabra optimizar en el título.
- \*En la introducción y la definición del problema agregar un poco del manejo integrado de plagas TIE.
- \*Dar importancia del SGC.
- \*Mejorar redacción de mayor costos y menor problemas.
- \*Comentar que ácido que esta evaluando en la investigación.
- \*Evaluación en la cría de machos o liberación.
- \*Cuadro con el % de eclosión en las diferentes huevecillos.
- \*Retomar el % de líquidos en el título.
- \*Fortalecer el analisis financiero, Ej. Análisis de costos colocar el valor de una TM.
- \*Recomendación, pasar a escala intermedia y de seguimiento al Proceso de Investigación.
- \*Conclusiones más puntuales y estar enfocadas al título.
- \*Revisar la forma de escribir las dimensionales.
- \*Revisión de otras observaciones por los evaluadores dentro de las copias del protocolo en evaluación de seminario II.

**NOTA:** Sí el trabajo ha sido **APROBADO SUJETO A CAMBIOS**, tiene cinco días hábiles para elaborar las correcciones y presentarlas oficialmente al Asesor-Docente de Tesis. Si el trabajo está **REPROBADO**, tiene diez días hábiles para su replanteamiento y presentación oral a la terna evaluadora.

Fecha de entrega del dictamen: 28 de octubre de 2021

Firma de Recibido:   
 Estudiante José Pablo Roldán Sánchez

  
 Ing. Agr. M. Sc. Oscar Zaldaño  
 Asesor (a)

  
 Ing. Agr. M. Sc. Nery Boanerges Guzmán Aquino  
 Coordinador  
 Sección Nueva Santa Rosa





Guatemala, 08/03/2022.

Maestro:

Oscar Zaldaño

Coordinador de EPS y Tesis

Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-, Sección Nueva Santa Rosa

Universidad de San Carlos de Guatemala


Distinguido Maestro:


Por medio de la presente queremos manifestar que hemos tenido a la vista el trabajo de investigación titulado "EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN DIETA LARVAL DE *Ceratitis capitata* (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA" como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado, del estudiante JOSÉ PABLO ROLDAN SÁNCHEZ, carné 201548299, y hemos verificado que se incorporaron las correcciones solicitadas al estudiante, durante la celebración del Seminario II.


Sírvase darse por enterado y brindar autorización para que el estudiante continúe con los trámites necesarios para realizar el examen general público y acto de investidura.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
M. Sc. Ing. Agr. Adolfo Morales  
Terna evaluadora

  
Ing. Agr. Manfredo Fuentes  
Terna evaluadora

  
Ing. Agr. Mario Tarot  
Terna evaluadora



Guatemala, 13 de octubre 2022

Honorable Consejo Directivo  
Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-  
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, tenemos el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación realizado en la empresa "Planta El Pino, Programa MOSCAMED", de febrero a noviembre 2021; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado, del estudiante José Pablo Roldán Sánchez carné 201548299.

Sírvase darse por enterado y brindar autorización para imprimirse oficialmente y solicitar fecha para la celebración del examen público y acto de investidura.


Atentamente,


"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


  
José Pablo Roldán Sánchez  
Estudiante

  
Ing. Agr. M. Sc. Oscar Zaldano  
Coordinador EPS



  
Ing. Agr. M. Sc. Oscar Zaldano  
Asesor-Supervisor EPS

  
Ing. Agr. Nery Boanerges Guzmán Aquino  
Coordinador  
Carrera Ingeniero Agrónomo en SPA





DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA –CUNSAO- DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

Cuilapa, 27 de Octubre de dos mil veintidos

Orden de Impresión 03/2022

Con vista en los dictámenes favorables que anteceden y a solicitud de la Coordinación de Exámenes de Graduación, "NORMATIVO PARA EL DESARROLLO DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA" del Centro Universitario de Santa Rosa, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se autoriza la impresión del trabajo de Graduación titulado: "INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, DIAGNÓSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN DIETA LARVAL DE *Ceratitis capitata* (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA"; del estudiante: **José Pablo Roldán Sánchez** identificado con el registro académico 201548299 y con el CUI: 2720 01309 0613.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. José Luis Aguirre Pumay

Director

Centro Universitario de Santa Rosa



Guatemala, noviembre de 2022

Licenciado Manuel Orlando Bolaños Gudiel  
Coordinador General de Exámenes de Graduación  
Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Reciba un cordial saludo deseándole éxito en sus labores administrativas. De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por lo que tengo el honor de someter a vuestra consideración el **Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado, Diagnóstico, Servicios e Investigación, Evaluación del Porcentaje de Líquidos, pH, Manejo y Densidad de Siembra en Dieta Larval de *Ceratitís capitata* (Wied.), a Pequeña Escala en Planta El Pino MOSCAMED, El Cerinal, Barberena, Santa Rosa.** Realizado de febrero a noviembre del 2021, como requisito a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, pueda brindar así autorización para imprimarse, me es grato suscribirme. Atentamente.

José Pablo Roldán Sánchez

Registro académico: 201548299

CUI: 2720 01309 0613

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA  
SECCION NUEVA SANTA ROSA, AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO

CUNSARO/AGRO/DICTAMEN EPS No. 03-2021  
Nueva Santa Rosa, 30 de noviembre de 2021.

Licenciado José Luis Aguirre Pumay  
Coordinador General de Exámenes de Graduación  
Centro Universitario de Santa Rosa, USAC  
Cuilapa, Santa Rosa

Licenciado Aguirre, por este medio me dirijo a usted para remitirle la culminación del Ejercicio Profesional Supervisado del estudiante: **José Pablo Roldán Sánchez**  
con registro académico **201548299** de la carrera de Agronomía con el Informe final titulado:

**Optimización del nivel de pH, porcentaje de humedad, manejo y densidad de siembra de Ceratitis capitata (Wiedemann) en Planta El Pino, MOSCAMED.**

Por lo que se informa que ha solventado con satisfacción las enmiendas y sugerencias realizadas por el Asesor y Revisor respectivo, acreditándole en cada etapa una ponderación establecida por el Normativo de Ejercicio Profesional Supervisado vigente en su Artículo veinticinco, otorgándole el siguiente resultado:

I. Fase de inducción y Orientación		5.00 puntos
planificación	Planificación y diagnóstico	3.00 puntos
	Reunión comunal o empresarial I	9.00 puntos
	Reunión académica I	5.00 puntos
II. Ejecución	Ejecución de proyectos de servicio e investigación	45.00 puntos
III. Elaboración y evaluación de informes	Reunión comunal o empresarial II	10.00 puntos
	Reunión académica II	13.00 puntos
<b>TOTAL</b>		<b>90.00 puntos</b>

En base al resultado mostrado en las diferentes actividades realizadas en el Ejercicio Profesional Supervisado.

**Se Dictamina:**

Aprobado el Ejercicio Profesional Supervisado del estudiante **José Pablo Roldán Sánchez**

cumpliendo con todos los requerimientos establecidos en el Normativo del Ejercicio Profesional Supervisado del centro Universitario de Santa Rosa, Universidad de San Carlos de Guatemala, acreditándosele un resultado de **90** **Noventa** puntos

y con esto se procede a otorgarle la orden de impresión y que continúe con su gestión administrativa de examen graduación.

Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández  
Asesor de Ejercicio Profesional Supervisado

Vo. Bo.

Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández  
Coordinador de EPS, sección Nueva Santa Rosa

c.c. Estudiante  
Archivo





## **ACTO QUE DEDICO A**

### **A DIOS:**

Por brindarme la sabiduría para lograr esta meta en mi vida, ser quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome y tiene el destino de mi vida en sus manos.

### **A MIS PADRES:**

Ramon Antonio Roldán Cermeño y Eva Rosana Sánchez de Paz, Por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por ser un ejemplo de esfuerzo y sacrificio para sacarme adelante, y motivarme a seguir avanzando.

### **A MIS ABUELOS:**

A Evangelina de Paz y Luis Sánchez (QEPD), por su amor incondicional que siempre me ha motivado a seguir adelante y su gran ejemplo. A Elisa Cermeño (QEPD) y Faustino Roldan (QEPD) que siempre me han cuidado desde el cielo.

### **A MI FAMILIA Y AMIGOS:**

A mis hermanos Pedro, Mariel y Marcela por darme fuerzas para seguir, mis primos que siempre han sido mi ejemplo, tíos que siempre han sido como padres para mí y sobrinos que me motivan a ser mejor persona para brindarles un buen ejemplo, por motivarme a seguir adelante y apoyarme en mi camino para convertirme en un profesional.

### **A MIS FUTUROS COLEGAS:**

A Lesther, Wilson, Deysi, Pablo, Pedro, Karla, Servín, Oscar, Raúl, Helen, Michel, Jhoda, Carla, Gaby, Miguel y Bombero, compañeros de estudio. Por todo lo vivido y compartido en estos años, acompañando este proceso, compartiendo su amistad y conocimiento.



## **AGRADECIMIENTOS A**

### **LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:**

Mi alma máter por brindar las herramientas necesarias para mi formación como profesional. mostrarme os principios y valores que forman parte de esta gran universidad.

### **MI CENTRO UNIVERSITARIO:**

A CUNSARO por ser el encargado de mi formación y ser un centro de estudios cada vez mejor y ofrecer educación a nivel universitario de calidad en Santa Rosa, especialmente a sección Nueva Santa Rosa, por brindarme la oportunidad de seguir creciendo y formarme para como un profesional de calidad.

### **PLANTA EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED:**

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), y la realización de mi tesis. A mis compañeros de trabajo de Machos Térmicos, a los procesos de Dietas, Control de Calidad y Físico Química por el apoyo en la elaboración de mi investigación. En Especial al Lic. Ronaldo Pérez y Ing. Dina Melgar por todo su apoyo y asesoramiento.

### **MI ASESOR:**

El Ing. Agr. Oscar Zaldaño con quien siempre estaré agradecido por el apoyo incondicional tanto en la elaboración de mi investigación, la realización de las pruebas, como moralmente en los momentos en los que todo parecía complicado.

### **MIS CATEDRATICOS UNIVERSITARIOS:**

Por brindarme su conocimiento, dedicación y esfuerzo ante cualquier dificultad, buscando siempre actualizarse para formar profesionales listos para los nuevos desafíos que se encuentran en el mundo laboral, les estaré eternamente agradecido.





## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1 DIAGNÓSTICO EN EL PROCESO DE CRÍA LARVAL MACHOS TÉRMICOS EN PLANTA EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED.....	3
1.1 Presentación .....	5
1.2 Marco referencial .....	5
1.2.1 Macro localización .....	5
1.2.2 Micro localización .....	7
1.2.3 Vía de acceso .....	7
1.3 Objetivos .....	9
1.3.1 General.....	9
1.3.2 Específicos.....	9
1.4 Metodología.....	9
1.4.1 Visita a módulos (Cría Larval Machos Térmicos) .....	9
1.4.2 Información primaria.....	9
1.4.3 Información secundaria .....	10
1.5 Resultados .....	10
1.5.1 Análisis .....	10
1.5.2 Descripción de los problemas.....	13
1.5.3 Priorización.....	14
1.6 Conclusiones .....	15
1.7 Bibliografía .....	16
2 INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN PLANTA EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED, BARBERENA, SANTA ROSA. ....	17
2.1 Presentación .....	19



	Servicio 1: Informar sobre el COVID-19, medidas de prevención y las vacunas.	19
2.2.1	Problema.....	19
2.2.2	Objetivo .....	19
2.2.3	Metodología.....	19
2.2.4	Marco teórico.....	20
2.2.5	Conclusiones.....	24
2.2.6	Bibliografía.....	25
2.3	Servicio 2: Prueba sobre el efecto del uso de ácido clorhídrico en la dieta larval de <i>Ceratitis capitata</i> W.....	27
2.3.1	Problema.....	27
2.3.2	Objetivos.....	27
2.3.3	Metodología.....	27
2.3.4	Resultados.....	32
2.3.5	Conclusiones.....	36
2.4	Servicio 3: Captación de agua de lluvia, mediante la reforestación en Aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa .....	37
2.4.1	Problema.....	37
2.4.2	Objetivos.....	37
2.4.3	Metodología.....	37
2.4.4	Resultados.....	38
2.4.5	Conclusiones.....	43
2.4.6	Bibliografía.....	44
3	EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN DIETA LARVAL DE <i>Ceratitis capitata</i> (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA .....	45



3.1	Resumen.....	
3.2	Abstract .....	48
3.3	Introducción .....	49
3.4	Definición del Problema .....	50
3.5	Marco teórico .....	51
3.5.1	Marco conceptual .....	51
3.6	Hipótesis .....	59
3.6.1	Hipótesis de Investigación.....	59
3.6.2	Hipótesis experimental .....	59
3.7	Objetivos .....	60
3.7.1	General.....	60
3.7.2	Específicos.....	60
3.8	Metodología.....	61
3.8.1	Módulo donde se desarrolló .....	61
3.8.2	Diseño experimental.....	61
3.8.3	Descripción de los tratamientos y unidades experimentales .....	62
3.8.4	Unidad experimental.....	64
3.8.5	Distribución de las unidades experimentales en los anaqueles .....	64
3.8.6	Manejo .....	66
3.8.7	Variables de respuesta .....	70
3.8.8	Toma de datos.....	76
3.8.9	Análisis de datos.....	76
3.9	Resultados .....	76
3.9.1	Líquidos en la dieta .....	76
3.9.2	Acidez (pH) .....	84



3.9.3	Manejo de cobertores plásticos .....	92
3.10	Conclusiones .....	101
3.11	Recomendaciones .....	102
3.12	Referencias.....	103
3.13	Anexos .....	106

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Mapa Barberena, Santa Rosa, Guatemala</i> .....	6
<b>Figura 2</b>	<i>Planta El Pino del programa MOSCAMED</i> .....	7
<b>Figura 3</b>	<i>Vía de acceso hacia la Planta El Pino</i> .....	8
<b>Figura 4</b>	<i>Reunión técnica, para conocer los problemas que se desean resolver</i> .....	10
<b>Figura 5</b>	<i>Árbol problema</i> .....	11
<b>Figura 6</b>	<i>Charla sobre la pandemia COVID-19</i> .....	23
<b>Figura 7</b>	<i>Charla sobre COVID-19</i> .....	24
<b>Figura 8</b>	<i>Hablando sobre las medidas de prevención del COVID-19</i> .....	24
<b>Figura 9</b>	<i>Curva de pH</i> .....	33
<b>Figura 10</b>	<i>Rendimiento, en el uso de HCl</i> .....	34
<b>Figura 11</b>	<i>Pruebas de calidad, en el uso de HCl</i> .....	36
<b>Figura 12</b>	<i>Polígono de área reforestada con Cupressus spp y Pinus spp</i> .....	39
<b>Figura 13</b>	<i>Realización de hoyos en el área sureste del terreno</i> .....	40
<b>Figura 14</b>	<i>Siembra de Cupressus spp</i> .....	40
<b>Figura 15</b>	<i>Árbol de pino (Pinus spp)</i> .....	41
<b>Figura 16</b>	<i>Árboles sembrados de Cupressus spp en el noreste del terreno</i> .....	41
<b>Figura 17</b>	<i>Calle al noreste del terreno</i> .....	42
<b>Figura 18</b>	<i>Árbol de Cupressus spp en el noreste del terreno</i> .....	42
<b>Figura 19</b>	<i>Siembra de Cupressus spp</i> .....	42
<b>Figura 20</b>	<i>Escala de severidad de contaminación</i> .....	71
<b>Figura 21</b>	<i>Recuperación pupa vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	77
<b>Figura 22</b>	<i>Contrastes ortogonales: Calidad vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	80



<b>Figura 23</b> <i>Contrastes ortogonales: Eficiencia pupa/huevo prueba de % líquidos y densidad de siembra</i> .....	82
<b>Figura 24</b> <i>Contrastes ortogonales: Longevidad (horas de vida media) vs % líquidos y densidad de siembra</i> .....	83
<b>Figura 25</b> <i>Recuperación de pupa vs pH y densidad de siembra</i> .....	85
<b>Figura 26</b> <i>Contrastes ortogonales: Calidad vs pH y densidad de siembra de huevo.</i> .....	88
<b>Figura 27</b> <i>Prueba de Tukey, pruebas de doble vía: Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	89
<b>Figura 28</b> <i>Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/g de dieta vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	90
<b>Figura 29</b> <i>Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/huevo vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	90
<b>Figura 30</b> <i>Recuperación de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	93
<b>Figura 31</b> <i>Contrastes ortogonales: Calidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	96
<b>Figura 32</b> <i>Prueba de Tukey pruebas de doble vía: Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	97
<b>Figura 33</b> <i>Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/g de dieta vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	98
<b>Figura 34</b> <i>Contrastes ortogonales: Eficiencia pupa/huevo vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	99

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Esquema de causas y consecuencias de los problemas encontrados</i> .....	12
<b>Tabla 2</b> <i>Matriz de Holmes sobre los problemas en Planta El Pino, del Programa MOSCAMED</i> .....	14
<b>Tabla 3</b> <i>Esquema para el análisis de varianza</i> .....	28
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción de los tratamientos evaluados</i> .....	29
<b>Tabla 5</b> <i>pH de la solución aplicada a los tratamientos</i> .....	29
<b>Tabla 6</b> <i>Diagrama del manejo de la dieta larval hasta la colecta.</i> .....	30



<b>Tabla 7</b> <i>Rendimiento de los tratamientos, uso de HCl</i> .....	34
<b>Tabla 8</b> <i>Calidad de los tratamientos, uso de HCl</i> .....	35
<b>Tabla 9</b> <i>Ingredientes de la dieta larval</i> .....	55
<b>Tabla 10</b> <i>Ingredientes en base seca para dieta Mix</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Ingredientes de la base líquida de la dieta Mix</i> .....	56
<b>Tabla 12</b> <i>Estándares de calidad aceptados internacionalmente en C. capitata W.</i> .....	58
<b>Tabla 13</b> <i>Esquema para el análisis de varianza de doble vía</i> .....	61
<b>Tabla 14</b> <i>Evaluación del porcentaje de líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	62
<b>Tabla 15</b> <i>Evaluación de pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	63
<b>Tabla 16</b> <i>Evaluación de manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	63
<b>Tabla 17</b> <i>Distribución de las unidades dentro del anaquel porcentaje de líquidos</i> .....	64
<b>Tabla 18</b> <i>Distribución de las unidades dentro del anaquel evaluación de pH</i> .....	65
<b>Tabla 19</b> <i>Distribución de las unidades dentro del experimento de temperatura acumulada</i> .....	66
<b>Tabla 20</b> <i>Eclosión del huevo utilizado en cada prueba</i> .....	68
<b>Tabla 21</b> <i>Contrastes ortogonales: Rendimiento vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	78
<b>Tabla 22</b> <i>Contrastes ortogonales: Calidad vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	79
<b>Tabla 23</b> <i>Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs % líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	81
<b>Tabla 24</b> <i>Precio de la dieta larval por tm y su beneficio económico</i> .....	84
<b>Tabla 25</b> <i>Contrastes ortogonales: Rendimiento vs pH y densidad de siembra de huevo</i> ....	86
<b>Tabla 26</b> <i>Contrastes ortogonales: Calidad vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	87
<b>Tabla 27</b> <i>Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	89
<b>Tabla 28</b> <i>Costo y beneficio del pH vs dieta larval</i> .....	92
<b>Tabla 29</b> <i>Contrastes ortogonales: Rendimiento vs manejo de cobertor y densidad de siembra de huevo</i> .....	94
<b>Tabla 30</b> <i>Contrastes ortogonales: Calidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	95



**Tabla 31** *Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo.* ..... 97

**Tabla 32** *Costo y beneficio en manejo de cobertores vs dieta larval* ..... 100

### Índice de Anexos

**Anexo 1** *Bandejas de 400 g y 1000 g* ..... 106

**Anexo 2** *Anaqueles para el manejo inicial* ..... 106

**Anexo 3** *Anaqueles y charolas de colecta* ..... 107

**Anexo 4** *Mezcladora de dieta larval* ..... 108

**Anexo 5** *Siembra de huevo a dieta larval* ..... 109

**Anexo 6** *A: Hongo en la dieta; B: Fermentación* ..... 109

**Anexo 7** *Toma de datos pH y temperatura* ..... 110

**Anexo 8** *Presencia de hongo de micelio blanco, detectado en los tratamientos, prueba pH* ..... 110

**Anexo 9** *Aplicación de dieta líquida* ..... 111

**Anexo 10** *Tratamiento en charola de colecta* ..... 111

**Anexo 11** *Conteo de % voladoras y % emergencia* ..... 112

**Anexo 12** *Tamaño de larva, en el manejo empleado* ..... 113

**Anexo 13** *Caja de plexiglass con prueba de emergencia y voladoras* ..... 114

**Anexo 14** *Tubo pvc negro, cinta de papel, prueba de emergencia y voladoras* ..... 114

**Anexo 15** *Pupa en las pruebas de calidad* ..... 115

**Anexo 16** *Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs líquidos y densidad de siembra de huevo* ..... 115

**Anexo 17** *Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs líquidos y densidad de siembra de huevo* ..... 116

**Anexo 18** *Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs líquidos y densidad de siembra de huevo* ..... 116

**Anexo 19** *Análisis de varianza: Peso de pupa vs líquidos y densidad de siembra de huevo* ..... 117

**Anexo 20** *Análisis de varianza: Emergencia % vs líquidos y densidad de siembra de huevo* ..... 117



<b>Anexo 21</b> <i>Análisis de varianza: Voladoras % vs líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	118
<b>Anexo 22</b> <i>Análisis de varianza: Longevidad vs líquidos y densidad de siembra de huevo</i> .....	118
<b>Anexo 23</b> <i>Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	119
<b>Anexo 24</b> <i>Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	119
<b>Anexo 25</b> <i>Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	120
<b>Anexo 26</b> <i>Análisis de varianza: Peso de pupa vs pH y densidad de siembra de huevo</i> ...	120
<b>Anexo 27</b> <i>Análisis de varianza: Emergencia % vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .	121
<b>Anexo 28</b> <i>Análisis de varianza: Voladoras % vs pH y densidad de siembra de huevo</i> ....	121
<b>Anexo 29</b> <i>Análisis de varianza: Longevidad vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	122
<b>Anexo 30</b> <i>Análisis de varianza: Presencia de hongos vs pH y densidad de siembra de huevo</i> .....	122
<b>Anexo 31</b> <i>Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	123
<b>Anexo 32</b> <i>Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	123
<b>Anexo 33</b> <i>Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	124
<b>Anexo 34</b> <i>Análisis de varianza: Peso de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	124
<b>Anexo 35</b> <i>Análisis de varianza: Emergencia % vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	125
<b>Anexo 36</b> <i>Análisis de varianza: Voladoras % vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	125
<b>Anexo 37</b> <i>Análisis de varianza: Longevidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo</i> .....	126





## RESUMEN

El presente informe final del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó en la Planta El Pino del Programa MOSCAMED, durante los meses de febrero a noviembre de 2021, este informe consta de tres capítulos donde se describe las actividades desarrolladas durante la ejecución del ejercicio.

El capítulo I, describe el diagnóstico realizado en el proceso de Cría Larval Machos Térmicos, de la Planta El Pino, MOSCAMED, donde se entrevistaron a los colaboradores desde operativos, técnicos y profesionales. En dicho proceso su alcance es desde el tratamiento y manejo de huevo hasta la entrega de pupa macho fértil de *C. capitata* Wied. La información recabada se analizó y priorizo de acuerdo con la factibilidad de resolver la problemática técnica y profesionalmente.

Según el análisis se estableció que debe obtenerse información sobre el efecto de los siguientes parámetros de la dieta: % de líquidos, el pH de la dieta larval, el manejo con cobertor del material biológico (dieta larval con larva de *C. capitata* W.) en las primeras 24 horas desde la siembra, y la densidad de siembra (ml de huevo de *C. capitata* W. por kg de dieta larval), en el rendimiento, la calidad, la presencia de fermentación y patógenos, y detallar el análisis económico. Otros problemas detectados fueron: escasez de ácido clorhídrico en el mercado, incremento del precio de insumos e informar sobre la pandemia COVID-19, por razón que existe desinformación en redes sociales y temor creado sobre las mismas medidas de prevención.

En el Capítulo II, el primer servicio en el apartado 2.1. “Informar sobre el COVID19, medidas de prevención y las vacunas”. Se describe la información recabada de fuentes secundarias confiables que posteriormente se expuso a los colaboradores en el proceso de Cría Larval Machos Térmicos de Planta El Pino, para exponer la importancia de las medidas de prevención y la importancia de vacunarse.

El segundo servicio del apartado 2.2. “Prueba sobre el efecto del ácido clorhídrico en la dieta larval de *C. capitata* W”. Debido a que durante el manejo del material biológico en planta el Pino durante el día 4 y 5 después de la siembra del huevo en la dieta larval, se aplica dieta líquida, la cual consiste principalmente aplicación de soluciones disueltas en agua, para



Conservar la dieta y aportar líquidos, a su vez se aplicaba ácido clorhídrico HCl cuando el pH de la dieta fuera mayor a 3.85, se evaluó si el uso de ácido en esta solución afectaba el rendimiento y calidad de pupas o adultos, se concluyó que no se encontró diferencia y se recomendó dejar de utilizar el mismo, con lo que se reduce la cantidad de HCl que se utiliza en la planta y generando un ahorro importante.

El tercer servicio descrito en el apartado 2.3. “Captación de agua de lluvia, mediante la reforestación en Aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa”. Consistió en la reforestación en la comunidad antes mencionada para contrarrestar la deforestación y mostrar la importancia de la cobertura forestal y su función de captar agua. Para la realización se sembró un área de 1,164.34 m<sup>2</sup>. Esta área podrá captar aproximadamente 1.16 m<sup>3</sup> de agua por mm de lluvia, el cual depende del tipo de suelo, nivel de saturación y de la intensidad de lluvia.

El capítulo III, trata sobre la investigación “Evaluación del Porcentaje de Líquidos, pH, Manejo y Densidad de Siembra en Dieta Larval de *Ceratitis capitata* (Wied.), a Pequeña Escala, en Planta El Pino MOSCAMED, El Cerinal, Barberena, Santa Rosa”, donde se realizaron tres pruebas de doble vía, evaluando las variables % de líquidos y el pH de la dieta larval, como el manejo con cobertor del material biológico en las primeras 24 horas desde la siembra, versus la densidad de siembra (ml de huevo de *C. capitata* W. por kg de dieta larval), donde se evaluó su efecto en el rendimiento, la calidad, fermentación en la dieta y la eficiencia económica.



## **CAPÍTULO I**

### **1 DIAGNÓSTICO EN EL PROCESO DE CRÍA LARVAL MACHOS TÉRMICOS EN PLANTA EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED**

**JOSÉ PABLO ROLDAN SÁNCHEZ**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022**





## 1.1 Presentación

Planta El Pino, del Programa MOSCAMED, se encarga de la producción masiva de mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.). Las cuales son esterilizadas y posteriormente liberadas, en una técnica conocida como control Autocida o Técnica del Insecto Estéril (TIE). Con la finalidad de erradicarla, utilizando a los machos de la misma especie para el control, mediante la copula, produciendo huevecillos estériles. También exporta material biológico como huevecillos y pupas esterilizadas.

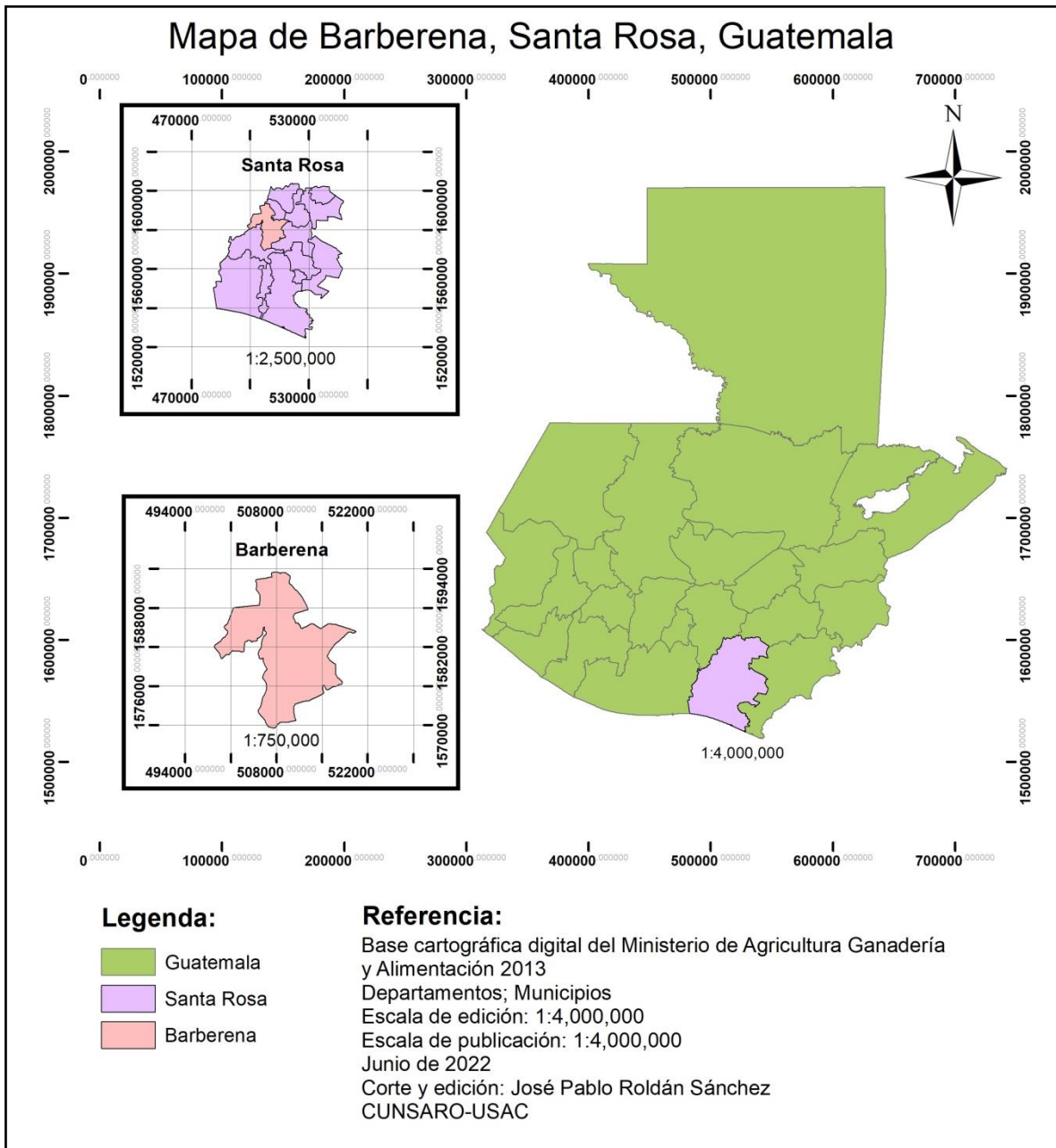
La Planta El Pino, divide sus funciones en 6 procesos de producción y 3 procesos de apoyo. Entre los procesos de producción esta Cría Larval Machos Térmicos, donde se realizó el presente diagnóstico.

## 1.2 Marco referencial

### 1.2.1 Macro localización

Según indica SEGEPLAN (2011) el departamento de Santa Rosa se sitúa en la Región IV Sur Oriente, de Guatemala. La cabecera departamental es Cuilapa, ubicada a 63 km de la capital del país. Limitado con los departamentos de Guatemala y Jalapa al norte, con el departamento de Jutiapa al este, con el océano Pacífico al sur, y con los departamentos de Escuintla y Guatemala al oeste. Véase Figura 1.

Figura 1  
Mapa Barberena, Santa Rosa, Guatemala



*Nota:* Mapa de Guatemala a la derecha, y a la izquierda de purpura departamento de Santa Rosa y el municipio de Barberena de rosado, coordenadas GTM utilizadas para la elaboración de este mapa.

Santa Rosa cuenta con 301,370 habitantes, su superficie territorial de 2,955 km<sup>2</sup> y con altitud promedio de 893 m sobre el nivel del mar. Se encuentra posicionada en las coordenadas GTM -186296250674669, 466506.669462361 (SEGEPLAN, 2011). Véase Figura 1.

### 1.2.2 Micro localización

La Planta El Pino de producción de mosca del Mediterráneo (*C. capitata* Wied.) estéril del Programa MOSCAMED, está ubicada en el Parque Nacional Laguna El Pino, Barberena, Santa Rosa, Guatemala (GTM -57186238027232.8, 455019.317413934). En la Figura 2 se puede observar una foto aérea de la Planta El Pino.

### Figura 2

*Planta El Pino del Programa MOSCAMED*



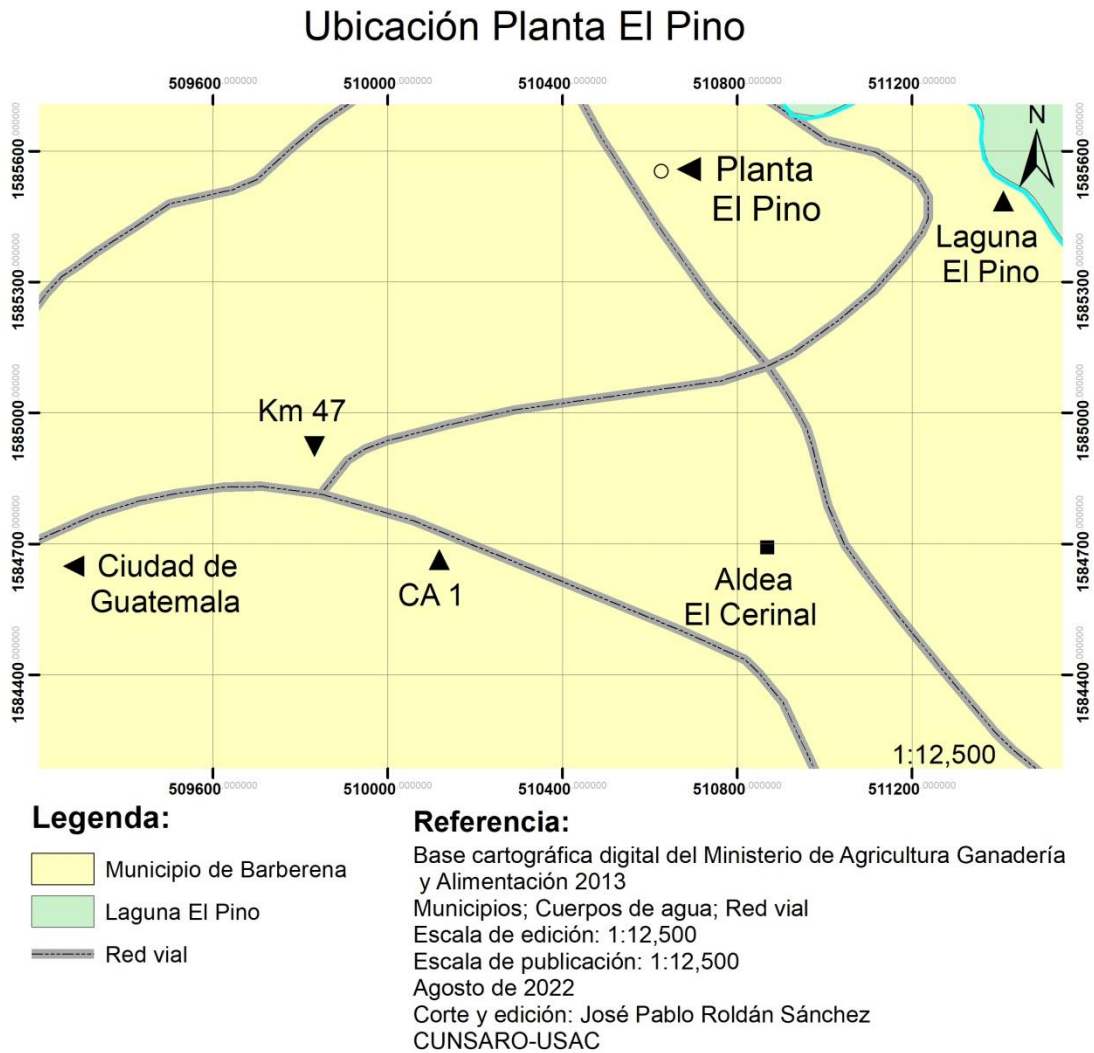
*Nota:* Foto aérea de la Planta El Pino, del Programa MOSCAMED (MOSCAMED, 2010).

### 1.2.3 Vía de acceso

En el km 47 de la carretera CA1 oriente, que viene de la ciudad capital, 1.5 Km de RN-2 hacia Fraijanes, a 200 m del ingreso parque nacional laguna El Pino, se encuentra la Planta El Pino, del Programa MOSCAMED. Véase Figura 3.

Figura 3

Vía de acceso hacia la Planta El Pino



*Nota:* Mapa realizado con coordenadas GTM.





### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 General

- Realizar el diagnóstico en el proceso de Cría Larval Machos Térmicos, Planta El Pino, Programa MOSCAMED.

#### 1.3.2 Específicos

- Identificar los principales problemas mediante una matriz de priorización de problemas.
- Realizar el plan de servicios e investigación mediante los resultados obtenidos del diagnóstico en Planta El Pino.

### 1.4 Metodología

Se obtuvo información primaria y secundaria con las actividades descritas a continuación.

#### 1.4.1 Visita a módulos (Cría Larval Machos Térmicos)

Se realizaron recorridos en los módulos 3 y 4 ya que en estos se desarrollan las actividades del proceso Cría Larval Machos Térmicos. Desde la siembra del huevo con tratamiento térmico (para eliminar a la hembra) en la dieta larval, el manejo de la misma, cargado, y colecta de la larva, hasta llegar a la etapa de pupa, para su posterior traslado al proceso de Irradiación y Empaque.

#### 1.4.2 Información primaria

Mediante entrevistas a los profesionales, técnicos, encargados y operativos, de dicho proceso, se conocieron problemas, relacionados a la producción y operacionales, además de expresar cuales problemas eran prioritarios para ellos, ver Figura 4.

*Reunión técnica, para conocer los problemas que se desean resolver*



*Nota:* Reunión con técnicos y profesionales encargados del proceso de Cría Larval Machos Térmicos.

### **1.4.3 Información secundaria**

#### **1.4.3.1 Instructivos**

Se dio lectura a los instructivos del proceso Cría Larval Machos Térmicos, Planta El Pino, con la finalidad de conocer y entender su funcionamiento.

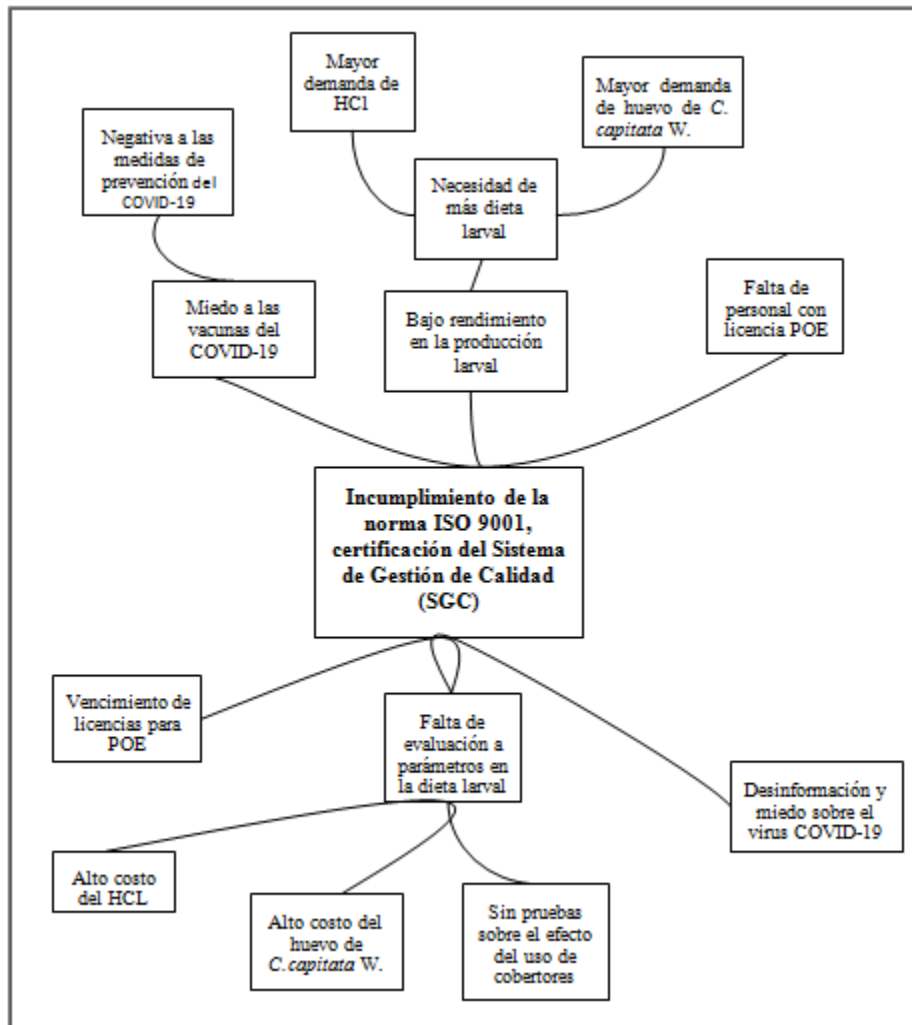
## **1.5 Resultados**

### **1.5.1 Análisis**

En base a la información que se logró obtener, se priorizó y simplificó los problemas para su posterior análisis, con la metodología de los árboles problema, ver Figura 5.

**Figura 5**

*Árbol problema*



Con la finalidad de continuar con el diagnóstico, se analizaron los problemas, para ofrecer soluciones, mediante el plan de servicios, y planteamiento de la investigación con un esquema de causas y consecuencias, analizando así a detalle la información recabada, ver Tabla 1.

*Esquema de causas y consecuencias de los problemas encontrados*

Problema	Causas	Consecuencias
Carencia de estudios sobre los parámetros en la dieta larval	Se sabe qué factores como el porcentaje de líquidos, el pH y el manejo de cobertores afectan el rendimiento, a diferente densidad de siembra de huevo, pero no en qué proporción	Necesidad de una mayor cantidad de dieta larval
Vencimiento de licencias para radiación ionizante	Debido a que se trabaja con irradiadores para esterilizar a los machos de <i>C capitata</i> Wied, de acuerdo al acuerdo 86-11, los operadores cercanos a estos deben poseer una licencia para trabajar en dichos equipos.	Falta de personal con licencia
Falta de estudio sobre el efecto del ácido clorhídrico en el rendimiento y calidad en <i>Ceratitis capitata</i> Wied	Durante el manejo de la larva, en la segunda aplicación de dieta líquida, si el pH es mayor a 3. Se aplica HCl, el cual tiene alto costo.	Incremento de costos por el uso de HCl
Ignorancia y desinformación sobre COVID-19, y vacunas	40% del personal operativo es mayor de 50 años y existe poca disposición a vacunarse debido a la desinformación, y creencias religiosas.	Sin disposición a vacunarse o respetar medidas de COVID-19

*Nota:* Descripción detallada de los principales problemas detectados durante el diagnóstico.

## 1.5.2 Descripción de los problemas

### 1.5.2.1 Carencia de estudios sobre los parámetros en la dieta larval

Parámetros como son la cantidad (%) de líquidos, el pH en la dieta larval y el manejo de cobertores, durante el manejo de *C. capitata* W en etapa de larva, y la densidad a la que se siembra la misma (ml de huevo/ kg de dieta larval). Pueden afectar el rendimiento o la calidad de la pupa o adultos obtenidos. Por esto se hizo necesario evaluarlos y conocer qué efecto tienen, y si los mismos pueden mejorar el proceso de producción de mosca de mediterráneo.

### 1.5.2.2 Licencias para Personal Operacionalmente Expuesto (POE)

Debido a que en Planta El Pino cuenta con irradiadores de cobalto-60 y cesio-137, debe tener licencia, al igual que el personal operativo. Las cuales se encontraban próximas a vencer, para desarrollar actividades, y tener en propiedad dicho documento, el cual los avala para realizar la actividad. Deben ser capacitados, el responsable de impartirlo es el Encargado de Protección Radiológica (Ministerio de Energía y Minas, 1986).

### 1.5.2.3 Capacitación sobre Vacunación y Situación del COVID-19

Durante el EPS nos encontramos bajo medidas de prevención por pandemia, y estábamos en etapa de vacunación, en contra del virus COVID-19, lo anterior generó desinformación (sobre todo en redes sociales), duda, sobre ¿qué es una vacuna?, ¿cuáles son las vacunas que se están aplicando?, ¿cómo se han obtenido?, ¿cuál es su diferencia?, y los riesgos de la pandemia y vacuna.

### 1.5.2.4 Evaluación de dosis de ácido clorhídrico en la solución preservante de la dieta larval de *Ceratitis capitata* Wied

El cuarto y el quinto día (Previo al cargado en los anaqueles de colecta) desde la siembra del huevo de *C. capitata* W, en la dieta, se aplica una solución preservante a base de formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), benzoato de sodio ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), a la que dependiendo el valor de pH que presente la dieta larval ( $\text{pH} > 3.84$ ) se aplica 4 L de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) por cada 200 litros de solución, durante el cargado en el anaquel de colecta, cada litro tiene valor de 7 USD, y no se ha cuantificado cual es el efecto real en el rendimiento o en la calidad de la pupa de la Mosca de Mediterráneo (*C. capitata* W).

## Priorización

Para determinar que problemas eran prioritarios se utilizó la matriz de priorización de Holmes, detallada en la Tabla 2, esta se discutió con los técnicos y profesionales del proceso.

**Tabla 2**

*Matriz de Holmes sobre los problemas en Planta El Pino, del Programa MOSCAMED*

En base a la viabilidad, e importancia para la empresa	Licencias de POE	Evaluación de parámetros en la dieta larval	Evaluar el ácido clorhídrico	Evaluar sustitutos al HCl	Información sobre el COVID 2019	Total	Orden
Licencias de POE	0	0	0	0	0	0	Quinto
Evaluación de parámetros en la dieta larval	1	1	1	1	1	4	Primero
Evaluar el ácido clorhídrico	1	0	1	1	1	3	Segundo
Evaluar sustitutos al HCl	1	0	0	1	1	2	Tercero
Información sobre el COVID 2019	1	0	0	0	1	1	Cuarto

*Nota:* POE: Personal Operacionalmente Expuesto

En la Matriz de Holmes (Tabla 2) se realizó una priorización en base a la viabilidad de resolver el problema, y la importancia que este tiene para la empresa, esto se determinó en base a la socialización con los profesionales del proceso.



## 1.6 Conclusiones

Se necesita evaluar los parámetros, en la dieta larval de *C. capitata* W., porcentaje de líquidos, pH de la dieta y manejo de cobertores. Para conocer el efecto que estos tienen en el rendimiento y calidad, y el efecto de estos a diferentes densidades de siembra de huevo.

Evaluar si el uso de HCl en la aplicación de líquidos (solución preservante), en el día 4 y 5 durante el manejo de la larva de *C. capitata* W., en la dieta larval, tiene efecto en el rendimiento o calidad de pupa. También se hace necesario evaluar algún ácido que remplace el uso de HCl en la dieta larval, debido a su costo, y necesidad de tener una alternativa al mismo.

La información y el conocimiento son herramientas eficaces, y la desinformación puede ser al contrario dañina para el ser humano, debido a la crisis que ocurrió en el 2021 y la necesidad de vacunarnos, se hace necesario utilizar las herramientas adquiridas en clases, para buscar fuentes confiables e información útil para que el personal de la Planta El Pino conozca fehacientemente sobre la pandemia, las vacunas y las medidas de prevención, del Covid-19.



## 1.7 Bibliografía

Ministerio de Energía y Minas. (1986). *Decreto de Ley 11-86, Control, Uso y Aplicación de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes*. Guatemala: Diario de Centro America.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. (2013). Base cartográfica digital del MAGA. *Departamentos; Municipios; Red vial; Cuerpos de agua*. Guatemala.

Programa MOSCAMED. (2010). *moscamed-guatemala*. Obtenido de SADER, USDA, MAGA: moscamed-guatemala

SEGEPLAN. (2011). *Planes de Desarrollo Departamental: Santa Rosa*. Guatemala: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.





## **CAPÍTULO II**

### **2 INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN PLANTA EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED, BARBERENA, SANTA ROSA.**

**JOSÉ PABLO ROLDAN SÁNCHEZ**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022**





## **2.1 Presentación**

En base a los problemas detectados en el EPS, en el proceso Cría Larval Machos Térmicos, en Planta El Pino, Programa MOSCAMED, se realizaron los siguientes servicios: A nivel social se buscó la solución sobre la falta de información sobre la pandemia del COVID-19, que condiciona considerablemente la vida de las personas. A nivel producción, se evaluó el uso de HCl en la solución preservante, aplicada a la dieta larval.

A nivel ambiental, se realizó la reforestación en aldea El Cuje, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, para contribuir en la captación de agua de lluvia de forma natural.

## **2.2 Servicio 1: Informar sobre el COVID-19, medidas de prevención y las vacunas.**

### **2.2.1 Problema**

El EPS, se realizó de febrero a diciembre 2021, condicionada en gran medida por la pandemia del COVID 19, para el cual se establecieron medidas de prevención, como el uso de mascarilla, a la vez el miedo colectivo y la difusión por redes sociales, de información sin respaldo científico, o simplemente opiniones de personas ajenas al tema. Esto provocó negatividad al momento de respetar medidas como el uso de mascarilla, desinfección de manos, distanciamiento social, y sobre todo a las vacunas.

### **2.2.2 Objetivo**

#### **2.2.2.1 General**

- Informar en base a fuentes confiables a los colaboradores del proceso de Cría Larval Machos Térmicos sobre el COVID-19, para que tomen las debidas precauciones.

#### **2.2.2.2 Específicos**

- Comunicar al personal sobre los aspectos importantes del virus COVID-19, utilizando fuentes de información confiables.
- Motivar al personal que labora en el proceso de Cría Larval Machos Térmicos para que acudan a las jornadas de vacunación para el COVID-19.

### **2.2.3 Metodología**

#### **2.2.3.1 Información**

Se recolectó información técnico-científica de fuentes secundarias únicamente. Para esto se buscó en bases de datos como Google Académico y Google Libros.



### 2.2.3.2 Presentación

Se organizaron reuniones con los diferentes grupos de trabajo, a los cuales se les expuso la información recopilada, se aclaró las dudas, y se atendieron sus inconformidades, con respecto a la pandemia del COVID-19, sus medidas de prevención, y restricciones. Se realizó a cuatro grupos (de 8 a 14 participantes) que laboran en el proceso de Machos Térmicos, las presentaciones tuvieron una duración media de 20 – 25 min.

### 2.2.4 Marco teórico

#### 2.2.4.1 Primera vacuna

La viruela figura entre las enfermedades más devastadoras que jamás hayan existido en la historia de la humanidad. Alteró dramáticamente el curso de la historia, incluso contribuyendo al declive de civilizaciones enteras. Se declaró erradicada en 1979 después de un programa de vacunación que está considerado como una de las victorias más importantes de la medicina moderna (National Geographic, 2021).

Durante muchos años, Edward Jenner había oído los cuentos de que las lecheras estaban protegidas de la viruela de forma natural después de haber sufrido de la viruela vacuna. Reflexionando sobre esto, Jenner concluyó que la viruela vacuna no sólo protegido contra la viruela, pero también puede ser transmitido por una sola persona a otro como mecanismo deliberado de protección En mayo de 1796, Eduardo Jenner encontró a una joven lechera, Sarah Nelms, que tenía viruela bovina fresca lesiones en manos y brazos. El 14 de mayo de 1796, usando materia de las lesiones de Nelms, inoculó un Niño de 8 años, James Phipps. Posteriormente, el niño desarrolló fiebre leve, y malestar en las axilas. Nueve días después del procedimiento sintió frío y había perdido el apetito, pero al día siguiente estaba mucho mejor. En julio de 1796, Jenner inoculó el niño otra vez, esta vez con materia de una herida reciente de viruela. No se desarrolló ninguna enfermedad y Jenner concluyó que la protección estaba completa (Willis, 1997).

A fines del siglo XIX, se comprendió que la vacunación no confiere inmunidad de por vida y que la revacunación posterior es necesaria. La mortalidad por viruela había disminuido, pero las epidemias demostraron que la enfermedad aún no estaba bajo control (Scott, 1974). Avances científicos durante los dos siglos desde Edward Jenner realizó su primera vacunación en James Phipps demostró que tenía más razón que error. La teoría de

los gérmenes enfermedad, el descubrimiento y estudio de virus, y la comprensión de la inmunología moderna tendieron a apoyar sus principales conclusiones. El descubrimiento y promoción de la vacunación permitió la erradicación de la viruela: esta es la máxima reivindicación de Edward Jenner y conmemorativo (Riedel, 2017).

El fin de tocar este tema es debido a el miedo colectivo, sobre el contenido de la vacuna, de esta manera se hace saber que las vacunas presentan inmunidad exponiendo al cuerpo a un patógeno igual, pero que presente sintomatología leve.

#### **2.2.4.2 SARS-CoV-2 (COVID-19)**

Según Watkins (2020), las características clínicas de COVID-19 están bien documentadas, la mayoría de las personas muestran síntomas leves o ninguno y las muertes ocurren principalmente en pacientes ancianos y con enfermedades crónicas. Los pacientes con infección por SARS-CoV-2 (COVID-19) pueden presentar síntomas que van de leves a graves, siendo gran parte de la población portadores asintomáticos. Los síntomas informados más comunes incluyen fiebre (83 %), tos (82 %) y dificultad para respirar (31 %) (Wang, Hu, & Hu, 2020). En pacientes con neumonía, la radiografía de tórax suele mostrar múltiples manchas y opacidad en vidrio deslustrado (Zhu, Zhang, & Wang, 2020).

#### **2.2.4.3 Síntomas**

Los síntomas gastrointestinales como vómitos, diarrea y dolor abdominal se describen en el 2-10 % de los pacientes con COVID-19, (Chen, Zhou, & Dong, 2020)], y en el 10 % de los pacientes, la diarrea y las náuseas preceden al desarrollo de fiebre y síntomas respiratorios. Los pacientes que presentan síndrome de dificultad respiratoria aguda pueden empeorar rápidamente y morir por insuficiencia orgánica múltiple inducida por la llamada "tormenta de citoquinas" (Wang, Hu, & Hu, 2020).

Aunque el objetivo principal de la infección por coronavirus es el pulmón, la amplia distribución de los receptores ACE2 en los órganos (Hamming, Timens, & Bulthuis, 2004) puede provocar daños cardiovasculares, gastrointestinales, renales, hepáticos, del sistema nervioso central y oculares que deben controlarse de cerca (Renu K, 2020).

#### **2.2.4.4 Propagación**

Al igual que con otros virus respiratorios, la transmisión del SARS-CoV-2 ocurre con alta eficacia e infectividad principalmente a través de la vía respiratoria. La transmisión por



gotas es la principal ruta reconocida, aunque los aerosoles pueden representar otra ruta importante (Leung, Chu, & Shiu, 2020; Han, Lin, & Ni, 2020).

Similar al SARS-CoV, la vía oral-fecal puede ser otra vía de transmisión del virus. Se ha detectado ARN del SARS-CoV-2 en las heces de un paciente con neumonía por COVID-19 (Holshue, DeBolt, & Lindquist, 2020). Por lo tanto, las aguas residuales pueden tener un papel en la transmisión. Se ha detectado SARS-CoV-2 en la saliva de personas infectadas (To, Tsang, & Chik-Yan, 2020); esto puede atribuirse a la presencia de receptores ACE2 en las células epiteliales que revisten los conductos de las glándulas salivales (Liu, Wei, & Alvarez, 2011).

También se ha detectado ARN del SARS-CoV-2 en superficies inanimadas, como manijas de puertas y la superficie de teléfonos celulares en sitios residenciales de pacientes con COVID-19 confirmado. Por lo tanto, las personas que han estado en contacto con superficies infectadas podrían infectarse si se tocan los ojos, la boca o la nariz (Han, Lin, & Ni, 2020).

#### **2.2.4.5 Medidas**

El estudio reciente de Leung, Chu, y Shiu (2020). Mostró que el uso de máscaras faciales redujo significativamente la eliminación de virus respiratorios como el virus de la influenza y el coronavirus. En base a estos hallazgos recientes y en un intento por reducir la propagación del SARS-CoV-2 en la llamada segunda fase de la epidemia, muchos gobiernos de la UE han hecho obligatorio el uso de mascarillas en público (Marco Ciotti, Ciccozzi, Terrinoni, Jiang, Wang, & Bernardini, 2020). La OMS, los CDC y el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades recomiendan insistentemente que las personas se laven las manos con frecuencia y eviten tocarse los ojos, la nariz y la boca (European Centre for Disease Prevention and Control., 2020).

El SARS-CoV-2 puede persistir en las superficies durante un tiempo que oscila entre horas y días (Van Doremalen, Bushmaker, & Morris, 2020). Por lo tanto, las superficies pueden representar una fuente de transmisión de infecciones. Para minimizar este riesgo, es importante usar desinfectantes y detergentes para matar el SARS-CoV-2. Varios desinfectantes están disponibles en el mercado y pueden usarse para limpiar superficies que pueden estar contaminadas por los virus: alcoholes, peróxido y peroxiácidos, compuestos de

amonio cuaternario y compuestos inorgánicos (cloro, hipoclorito, ácido hipocloroso) (Suman, Javaid, & Haleem, 2020).

#### 2.2.4.6 Resultados

Durante estas exposiciones en base a la información recabada de varias fuentes, se les recalco la importancia de las medidas de prevención, se escuchó las dudas y miedos que algunos poseían por la desinformación y se intentó resolver sus dudas, en base a la información sobre la vacuna contra la viruela, se explicó la naturaleza de las vacunas, la causa de los síntomas, y su importancia (ver figuras 6, 7 y 8).

Se hablo con el 78.4 % del personal que conforma el proceso, debido a descansos, turnos nocturnos y vacaciones. El 35.3 % del personal son mayores de 50 años, para los cuales ya estaba habilitada la vacuna para las fechas de las exposiciones, y únicamente el 44.4 % se había vacunado. Para inicios del año 2022 todo el personal contaba con esquema completo de vacunación (dos vacunas).

#### Figura 6

*Charla sobre la pandemia COVID-19*



*Nota:* Las charlas se realizaron en grupos, directo en sus áreas de trabajo.

## Figura 7

*Charla sobre COVID-19*



*Nota:* Se converso sobre las inquietudes acerca de las vacunas para el COVID-19.

## Figura 8

*Hablando sobre las medidas de prevención del COVID-19*



*Nota:* Exposición de la información recabada de fuentes secundarias confiable.

### 2.2.5 Conclusiones

Las medidas de prevención, como el uso de mascarilla, la desinfección de manos y de superficies, están fundamentadas en información de otras epidemias e investigación y es



necesario acatarlas para evitar la propagación del COVID-19, y divulgar su importancia desde el respaldo de información científica, de fuentes confiables.

Dar a conocer a los colaboradores el origen de las vacunas, los hizo entender su funcionamiento. Sintiendo más positivos a la vacunación para el SARS-CoV-2. Entendiendo por que provocan síntomas diferentes a cada persona.

### 2.2.6 Bibliografía

Chen, N., Zhou, M., & Dong, X. (2020). Características epidemiológicas y clínicas de 99 casos de neumonía por el nuevo coronavirus de 2019 en Wuhan. *China: un estudio descriptivo . Lanceta.* , 507-513.

European Centre for Disease Prevention and Control. (25 de Febrero de 2020). *www.ecdc.europa.eu*. Recuperado el 10 de Julio de 2021, de Algorithm for the management of contacts of probable or confirmed COVID-19 cases.: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/algorithm-management-contacts-probableor-confirmed-covid-19-cases>

Hamming, I., Timens, W., & Bulthuis, M. (2004). Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. *J Pathol.* , 203:631–637.

Han, Q., Lin, Q., & Ni, Z. (2020). Uncertainties about the transmission routes of 2019 novel coronavirus. *Influenza Other Respir Viruses.* , 14, 470–471.

Holshue, M., DeBolt, C., & Lindquist, S. (2020). First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *N Engl J Med.* , 382, 929–936.

Leung, N., Chu, D., & Shiu, E. (2020). Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nature Med.* , 26:676–680.

Liu, L., Wei, Q., & Alvarez, X. (2011). Epithelial cells lining salivary gland ducts are early target cells of severe acute respiratory syndrome coronavirus infection in the upper respiratory tracts of rhesus macaques. *J Virol.* , 85, 4025–4030.



Ciotti, M. C., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* , 365-388.

NATIONAL GEOGRAPHIC. (26 de Mayo de 2021). *NATIONAL GEOGRAPHIC*. Recuperado el 10 de Julio de 2021, de NATIONAL GEOGRAPHIC: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2021/05/el-86-de-las-familias-consultadas-en-espana-autoriza-la-donacion-de-organos>

Renu K, P. P. (2020). Coronaviruses pathogenesis, comorbidities and multi-organ damage - a review. *Life Sci.* , 255.

Riedel, S. (2017). Edward Jenner and the History of Smallpox and Vaccination. *Baylor Scott & White Health* , 23-25.

Scott, E. (1974). Edward Jenner FRS and the cuckoo. *Notes and Records of the Royal* , 235-240.

Suman, R., Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Sustainability of coronavirus on different surfaces. *Clin Exp Hepatol*.

To, K., Tsang, O., & Chik-Yan, Y. C. (2020). Consistent detection of 2019 novel coronavirus in saliva. *Clin Infect Dis*.

Van Doremalen, N., Bushmaker, T., & Morris, D. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New Engl J Med.* , 382, 1564–1567.

Wang, D., Hu, B., & Hu, C. (2020). *Características clínicas de 138 pacientes hospitalizados con neumonía infectada por el nuevo coronavirus de 2019 en Wuhan*. Wuhan: JAMA.

Watkins, J. (2020). Preventing a COVID-19 pandemic. *Bmj* , 368.

Willis, N. J. (1997). Edward Jenner and the eradication of smallpox. *Scott Med* , 118-121.

Zhu, N., Zhang, D., & Wang, W. (2020). Un nuevo coronavirus de pacientes con neumonía en China, 2019. *N Engl J Med* , 727- 733.

## **2.3 Servicio 2: Prueba sobre el efecto del uso de ácido clorhídrico en la dieta larval de *Ceratitis capitata* W.**

### **2.3.1 Problema**

En el proceso de Cría Larval de Machos Térmicos, se aplica solución preservante a la dieta larval, para aportar líquidos, y evitar la fermentación de esta. Esto se hace el día 4 y 5 después de la siembra de huevo de *C. capitata* W.

El uso de HCl en esta solución eleva los costos, además de incrementar su demanda, ya que puede ser muy escaso en la Planta, por lo que se evaluó el efecto del uso en rendimiento (Rendimiento Pupa) y calidad (% de pupa en buen estado, peso de pupa, % emergencia, % voladoras, Horas vida).

### **2.3.2 Objetivos**

#### **2.3.2.1 General**

- Evaluar el efecto del uso de ácido clorhídrico durante el manejo de larva de *C. capitata* W.

#### **2.3.2.2 Específicos**

- Determinar el rendimiento en RP al usar HCl en la solución preservante, que se aplica a la dieta larval.
- Evaluar el efecto en la calidad de pupa y adultos al utilizar HCl en la solución preservante.

### **2.3.3 Metodología**

#### **2.3.3.1 Módulo donde se desarrolló**

Se desarrolló en la planta de cría masiva de mosca del Mediterráneo ubicada en la Laguna El Pino, El Cerinal, Barberena, Santa Rosa, desde la etapa de huevo, larva, pupa y adultos.

#### **2.3.3.2 Diseño experimental.**

Para evaluar los distintos tratamientos se desarrolló el diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y siete repeticiones, en total 21 unidades experimentales por prueba. Ver Tabla 3.

**Tabla 3**

*Esquema para el análisis de varianza*

<b>Fuente de variación</b>		<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	(t-1)	2
Repeticiones	(r-1)	6
Error experimental	(t-1) (r-1)	12
Total		20

*Nota:* Esta será la fórmula que se utilizó para el análisis de varianza en la prueba (de 3 tratamientos y 7 repeticiones).

El modelo estadístico empleado para el análisis de los resultados:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

$y_i$  = datos

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = error experimental

### **2.3.3.3 Descripción de los tratamientos y unidades experimentales**

El experimento se constituyó en tres tratamientos basados en el uso de HCl en la solución preservante que se aplica a la dieta larval. Dicha solución se aplica dos veces, esto a los 4 y 5 días de la elaboración de la dieta larval y siembra de huevo de *C. capitata* W. Esto se describe de mejor manera en la Tabla 4.

Cada prueba tuvo siete repeticiones, haciendo en total veintiún unidades experimentales, con distribución completamente al azar, sembrando a la dieta larval 1 ml de huevo por kg de dieta larval.

**Tabla 4**

*Descripción de los tratamientos evaluados*

Tratamientos	1ra Aplicación	2da Aplicación
Testigo	Solución preservante	Solución preservante
Tratamiento 1	Solución preservante	Solución preservante + HCl
Tratamiento 2	Solución preservante + HCl	Solución preservante + HCl

*Nota:* La suma del HCl a la solución preservante es la variable a evaluar en estos tratamientos, tomando en cuenta si se aplica una o dos veces.

La Solución utilizada esta formulada, para aportar líquidos a la dieta larval y a su vez sirve como preservante, en la misma se aplica eventualmente HCl para poder regular el pH. La formulación utilizada se describe a continuación, en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*pH de la solución aplicada a los tratamientos*

Solución	pH		Agua	Formaldehido	Benzoato	HCl
	1 <sup>a</sup> . aplicación	2 <sup>a</sup> . aplicación				
Solución preservante	6.9	7.2	200 L	200 ml	500 g	--
Solución preservante + HCl	2.55	2.36	200 L	200 ml	500 g	4 L

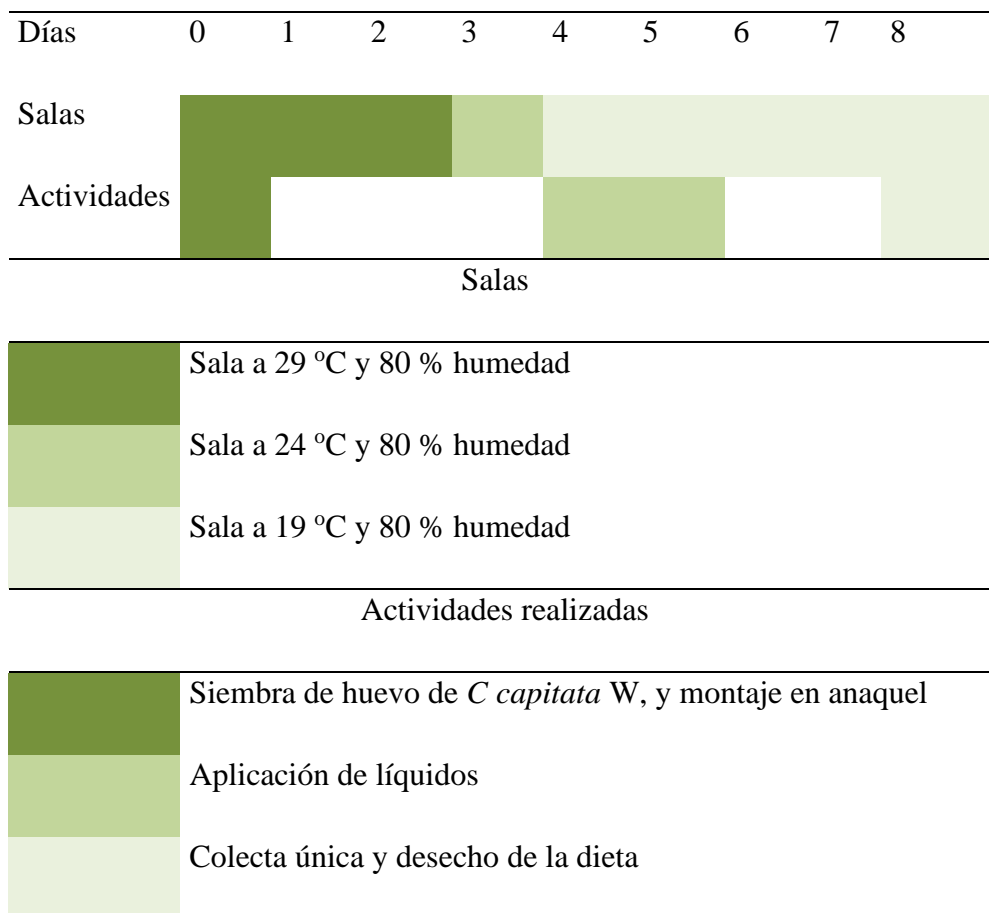
*Nota:* Descripción de las soluciones descritas en la Tabla 4 y su pH al momento de aplicarlas.

### 2.3.3.4 Manejo

Las pruebas se realizaron con dieta Mix, en bandejas con 1 kg de dieta larval, en el cual se sembró 1 ml de huevo de *C capitata* W. Las pruebas se llevaron a cabo durante 8 días, en diferentes salas climatizadas y realizando las actividades que se describen en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Diagrama del manejo de la dieta larval hasta la colecta.*



*Nota:* El pH y la temperatura se sondearon y anotaron todos los días; el día 5 se cargó en el anaquel de colecta.

Primera habitación: esta sala posee temperatura de  $29 \pm 1$  °C y humedad relativa de 80 % - 83 %. Es el primer destino de la dieta, posterior a la siembra del huevo. Estando en total de 72 horas, ya que fue lo requerido para alcanzar la temperatura y el desarrollo de la

larva deseado (2 – 3 mm). Después de la siembra, no se les colocó cobertor plástico. Al alcanzar la temperatura de 30 °C, se trasladan los tratamientos a la sala 2.

Segunda habitación: esta sala posee temperatura de  $24 \pm 1$  °C y humedad relativa de 80 % - 83 %. En esta sala la dieta pasa 24 horas y las larvas pasan a tener longitud de 5 – 6 mm luego, en el día 5 pasó a la sala 3.

Tercera habitación: esta sala posee temperatura de  $19 \pm 1$  °C y humedad relativa de 80 % - 85 %. En el día 5 se hizo la primera aplicación de dieta líquida 100 ml por bandeja.

El resto del manejo se realizó en esta sala. El día 6 se le aplicó dieta líquida (100 ml/ bandeja) por segunda y última vez, aplicaciones en base a la Tabla 4. Estas aplicaciones ayudan a mantener la humedad de la dieta, y el uso del ácido en estas es lo que se evaluó (ver Tabla 5). Ese mismo día se trasladan los tratamientos al anaquel de colecta, en el cual se colocan charolas de plástico, con aserrín distribuido de manera homogénea en la base. Luego, sobre este en el medio de la charola se colocan las bandejas con dieta larval, bandeja por cada charola de colecta.

Durante los ocho días en los que se trabaja con la dieta se realizó la medición del pH y la temperatura, utilizando potenciómetro y termómetros.

### **2.3.3.5 Colecta**

Se realizó la colecta única, el día 8 a las 2 pm, hora de última colecta en producción a gran escala. Luego de esto se tamizó el aserrín para separarlo de las larvas y (o) pupas. Posteriormente se trasladan a la habitación  $17 \pm 1$  °C, 80 %  $\pm$  5 %, en condiciones de oscuridad total, donde paso 3 días.

Después de estos 3 días, previo al trasladarlos a otra habitación aclimatada, se efectuó la medición (ml y g) con la ayuda de la probeta de 100 ml y la balanza analítica.

### **2.3.3.6 Maduración de la pupa**

Se traslado a la habitación con  $25 \pm 1$  °C, 70 %  $\pm$  5 %, en el cual se esperaron  $4 \pm 1$  días, para su maduración y realizar las respectivas pruebas de calidad que se describen en el apartado 2.2.3.8 Calidad.



### 2.3.3.7 Variables de respuesta

#### 2.3.3.7.1 Rendimiento de la larva obtenida

Se mide en base a la Recuperación de Pupa (RP): Medida de eficacia de la cría larval expresada en litros de pupa recuperada por kilogramo de dieta:

$$RP = \frac{L \text{ pupa}}{\text{kg dieta}}$$

Además, se calculará la recuperación del número de pupas por gramo de dieta.

$$\text{p/g dieta} = \frac{\text{No. Pupas}}{\text{g dieta}}$$

También la cantidad de pupa por unidad de huevo sembrado.

$$p/h = \frac{\text{No. Pupas}}{\text{No. Huevos}}$$

#### 2.3.3.8 Pruebas de calidad

Después de la colecta, durante tres días en condiciones de oscuridad, a 19 °C y 80 % de humedad. Al estar el material en pupa, se midió su volumen y para los cálculos de rendimiento, y posteriormente se le entregó al proceso de Gestión de Calidad, para las respectivas pruebas.

### 2.3.4 Resultados

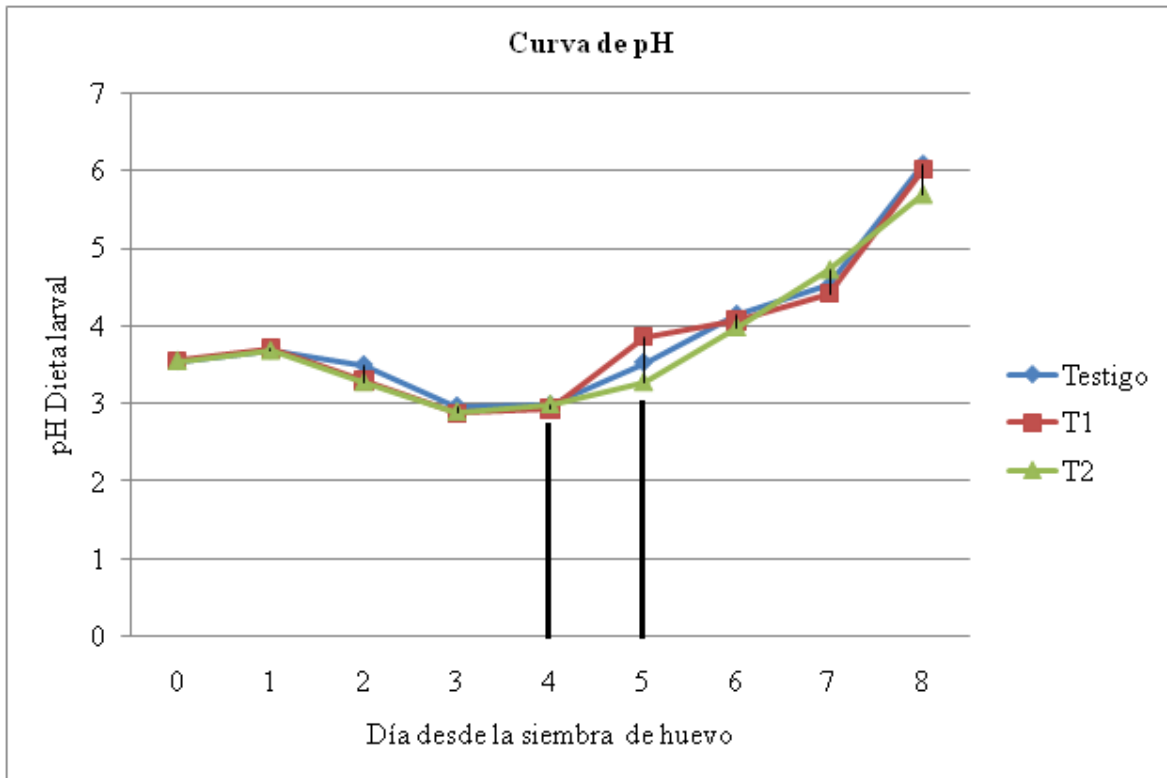
#### 2.3.4.1 pH en la dieta larval

El pH tomado a la dieta durante los 8 días que duró la prueba no tuvo diferencia entre los tratamientos, como se ve en la Figura 9.



**Figura 9**

*Curva de pH*



*Nota:* las líneas negras verticales indican los días en los que se aplicó la solución preservante.

#### 2.3.4.2 Rendimiento

Como se observa a continuación en la Tabla 7, no existe diferencia significativa en el rendimiento ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. Por lo que no existe relación directa entre el rendimiento y la aplicación de HCl, en la solución preservante.

En la Figura 10 se observa de mejor manera la carencia de una diferencia entre el rendimiento de los tratamientos evaluado en base a la Recuperación de Pupas por Kg de dieta (RP) y la cantidad de pupas obtenidos por huevo sembrado (huevo / pupa).

**Tabla 7**

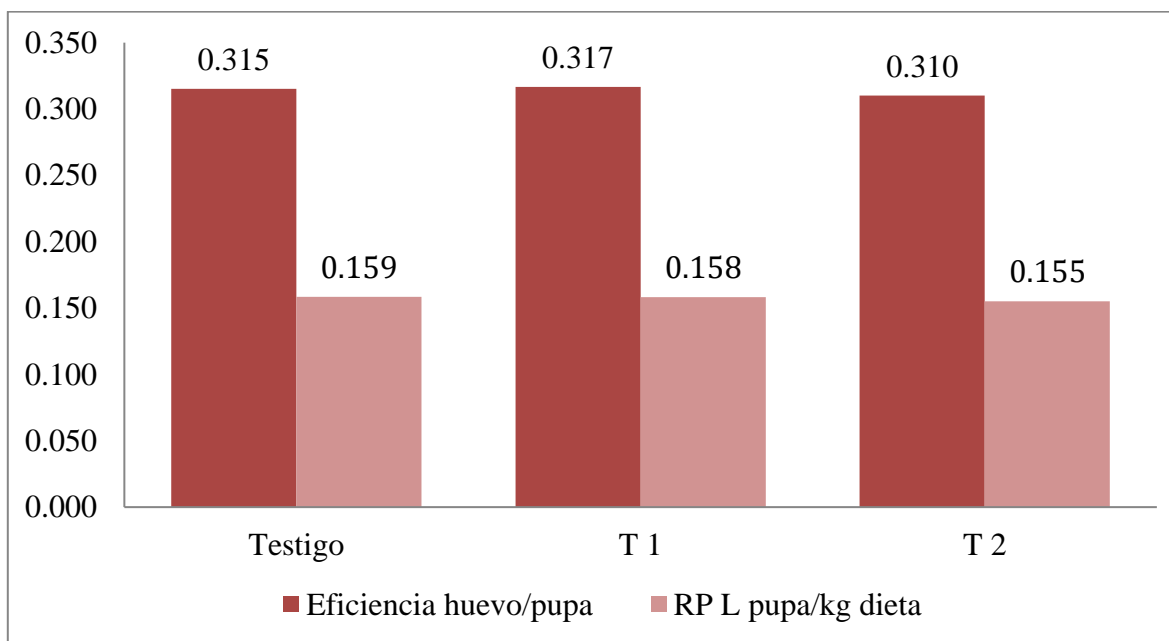
*Rendimiento de los tratamientos, uso de HCl*

Tratamiento	Medición		Recuperación pupa/gramo	Eficiencia huevo/pupa	RPL pupa/kg dieta
	ml	g			
Testigo	158.6	78.75	9.17 a	0.315 a	0.159 a
T 1	158.3	73.14	9.22 a	0.317 a	0.158 a
T 2	155.0	79.17	9.03 a	0.310 a	0.155 a

*Nota:* la misma letra (a) denota que no existe diferencia estadística entre los tratamientos.

**Figura 10**

*Rendimiento, en el uso de HCl*



Se puede observar que el uso de HCL en la solución preservante, no influye en el rendimiento.

### 2.3.4.3 Calidad

No existe diferencia significativa entre los tratamientos, para las pruebas de calidad, por lo que el uso de HCl no afecta la calidad de la pupa y adultos de *C. capitata* W. Ver Tabla 8.

**Tabla 8**

*Calidad de los tratamientos, uso de HCl*

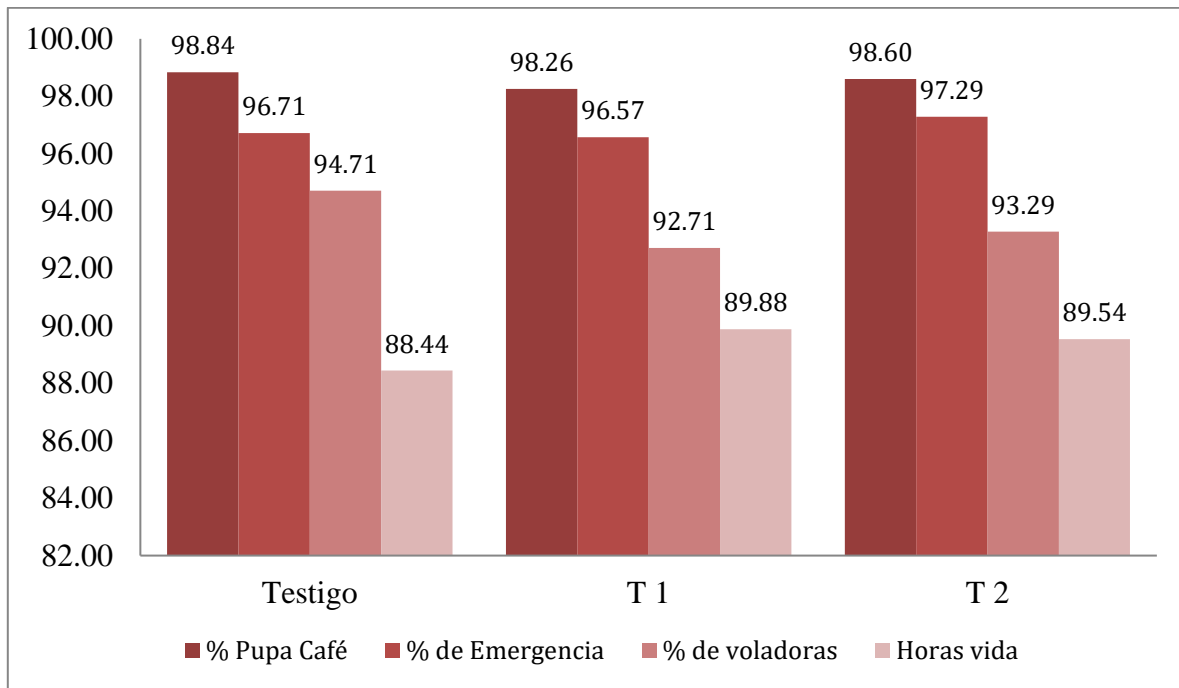
Tratamiento	% Pupa café	Peso mg	% Emergencia	% Voladoras	Horas vida
Testigo	98.84	8.94 <sub>a</sub>	96.71 <sub>a</sub>	94.71 <sub>a</sub>	88.44
T 1	98.26	8.95 <sub>a</sub>	96.57 <sub>a</sub>	92.71 <sub>a</sub>	89.88
T 2	98.60	8.94 <sub>a</sub>	97.29 <sub>a</sub>	93.29 <sub>a</sub>	89.54

*Nota:* Pupa café: % de pupa en buen estado; Peso: miligramos por pupa; Emergencia: % adultos que emergen de la pupa; Voladoras: % de adultos con habilidad de vuelo.

En la Figura 11 se puede observar de mejor manera el resultado de las pruebas de calidad. Confirma que el uso de HCL en la solución preservante no tiene un efecto directo en la calidad de la pupa y adultos criados en Planta El Pino, del Programa MOSCAMED.

**Figura 11**

*Pruebas de calidad, en el uso de HCl*



Como se observa en la Figura 11 no existe diferencia en las pruebas de calidad realizadas a los tratamientos en ninguno de los tratamientos evaluados.

### **2.3.5 Conclusiones**

No existe relación entre aplicar HCl, en la solución preservante, y el rendimiento de la dieta larval. El uso de HCl en la solución preservante. Tampoco afecta el pH de la dieta larval, durante los días en que la larva se maneja en la dieta.

Utilizar HCl en la solución preservante, no tiene ningún efecto en el porcentaje de pupa en buena calidad, peso de la pupa, emergencia de la pupa, habilidad de vuelo, o tiempo de vida de los adultos bajo condiciones de estrés, por lo que no afecta la calidad de *C. capitata* W.

## **2.4 Servicio 3: Captación de agua de lluvia, mediante la reforestación en Aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa**

### **2.4.1 Problema**

Guatemala perdió en los últimos 20 años 22.3 % de su cobertura forestal, en 1985 se tenía 55% de cobertura forestal, mientras que ahora se tiene solo 33 % (Castro Sáenz, 2021). En el año 2015 se contaba con 3.6 millones de Ha de bosques de los cuales 2.2 millones de Ha se encuentran protegidos en la Reserva de la Biosfera Maya (Rolando Vásquez, 2015). Para tener disponibilidad de agua, es necesario reforestar, para que exista recarga hídrica (CONAP, 2021).

El incremento de la población provoca una mayor demanda de agua, en la comunidad, que cada vez es un bien más escaso, y no llega con regularidad a todos los sectores de aldea el Cuje, por lo que se debe mantener un equilibrio en cuanto a la cobertura forestal, para que esto sea sostenible a futuro, por lo que se planteó reforestar en el terreno de un productor de aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas.

### **2.4.2 Objetivos**

#### **2.4.2.1 General**

- Incrementar la captación de agua de lluvia en el terreno de un productor de aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas.

#### **2.4.2.2 Especifico**

- Reforestar en el terreno de un productor de aldea el Cuje, Pueblo Nuevo Viñas.
- Mejorar la infiltración del suelo mediante la reforestación.

### **2.4.3 Metodología**

Se busco un terreno en el cual el propietario estuviese interesado en reforestar, siendo así que la siembra se realizó en los bordes del colegio “el Conacaste”, propiedad del señor Rudy Cermeño, ver Figura 12.



Se sembraron a 3 m de distancia, sembrando en total de 37 árboles de Ciprés (*Cupressus spp*), al lado del camino, longitudinalmente, y 8 árboles más en el lado sureste de pino (*Pinus spp*).

#### 2.4.3.1 Materiales

- Machete
- Piochin
- 37 árboles de *Cupressus spp*
- 8 árboles de *Pinus spp*

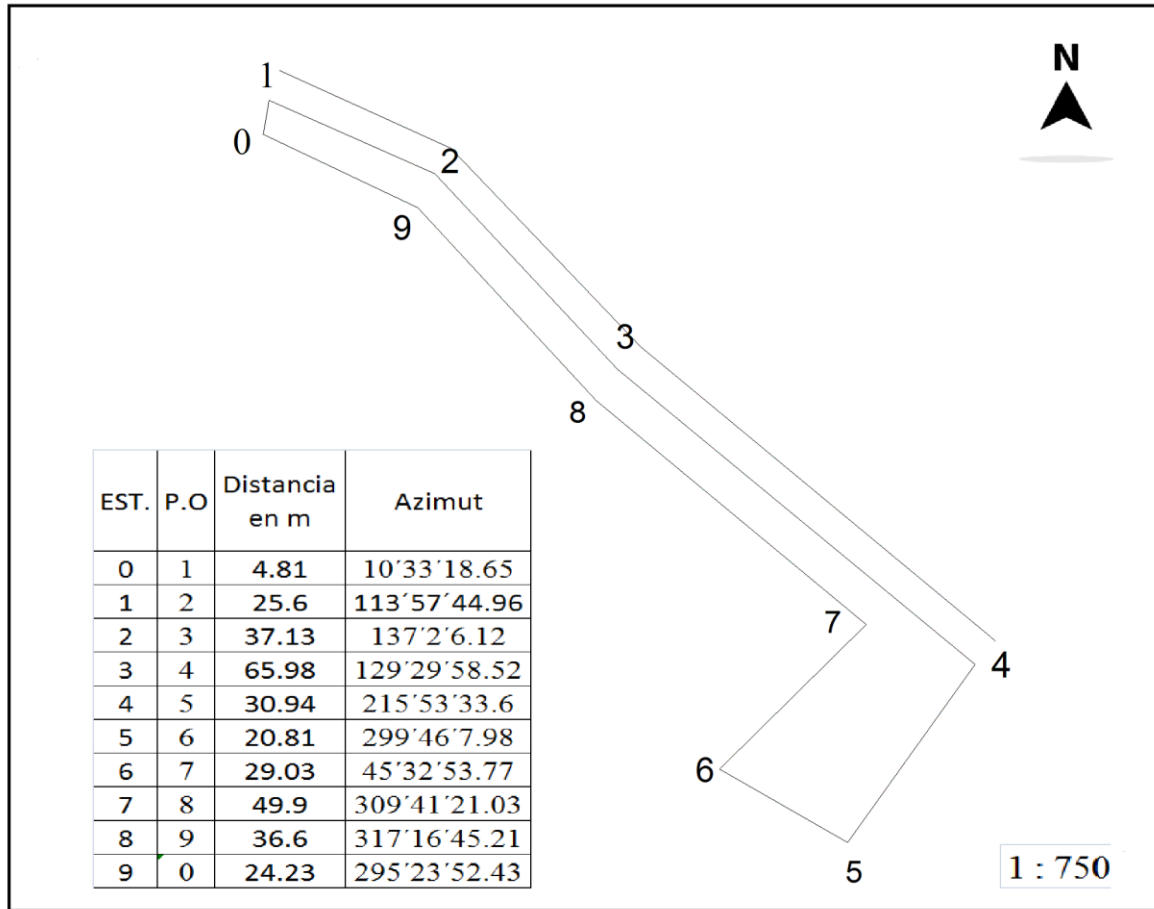
El terreno contaba con árboles, por lo que se decidió sembrar junto a la calle que pasa al noreste del terreno, y también en el área sureste, la cual se ha utilizado para actividades agrícolas (agroecosistema milpa).

#### 2.4.4 Resultados

Se sembró un área de 1,164.34 m<sup>2</sup> (ver Figura 12). La precipitación anual promedio en Pueblo Nuevo Viñas es de 841.3 mm de agua (Weather Spark, 2022). En base a esta área se podrá captar 1.16 m<sup>3</sup> de agua por mm de lluvia, esto dependiendo del nivel de saturación del suelo y de la intensidad de lluvia (ver de la Figura 13 a la 19).

**Figura 12**

*Polígono de área reforestada con Cupressus spp y Pinus spp*



*Nota:* Plano del área reforestada, 1,164.34 m<sup>2</sup> reforestados buscando incrementar la capacidad del suelo, de retener y absorber agua.

**Figura 13**

*Realización de hoyos en el área sureste del terreno*



*Nota:* Limpiando el sureste del terreno para su posterior siembra.

**Figura 14**

*Siembra de Cupressus spp*



*Nota:* Reforestando sector utilizado para agroecosistema milpa.



**Figura 15**

*Árbol de pino (Pinus spp)*



*Nota:* Árboles sembrados con una edad de 6 - 8 meses.

**Figura 16**

*Árboles sembrados de Cupressus spp en el noreste del terreno*



*Nota:* Árboles sembrados con la finalidad de reemplazar los árboles viejos en un futuro.

**Figura 17**

*Calle al noreste del terreno*



*Nota:* Camino al noreste del terreno reforestado.

**Figura 18**

*Árbol de Cupressus spp en el noreste del terreno*



*Nota:* Área con cobertura forestal junto a zona reforestada al noreste del terreno.

**Figura 19**

*Siembra de Cupressus spp*



*Nota:* Zona utilizada para el agroecosistema milpa al sureste del terreno reforestado.

#### **2.4.5 Conclusiones**

Para cubrir el terreno se necesitaron 37 *Cupressus spp* y 8 *Pinus spp*, lo cual incrementa la recarga hídrica y permitirá al propietario en el futuro, obtener beneficios económicos de los mismo.

La reforestación de 1,164.34 m<sup>2</sup>, captará 1.16 m<sup>3</sup> por mm de precipitación, esto puede variar dependiendo los niveles de saturación del suelo y la intensidad de lluvia.



#### 2.4.6 Bibliografía

Castro Sáenz, E. (4 de Febrero de 2021). *swissinfo.ch/spa*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2021, de Perspectivas suizas en 10 idiomas: [https://www.swissinfo.ch/spa/guatemala-medioambiente--cr%C3%B3nica-\\_guatemala-perdi%C3%B3-en-los-%C3%BAltimos-20-a%C3%B1os-casi-una-cuarta-parte-de-sus-bosques/46346228#:~:text=Buscar-,Guatemala%20perdi%C3%B3%20en%20los%20%C3%BAltimos%2020%20a%C3%B1os,cua](https://www.swissinfo.ch/spa/guatemala-medioambiente--cr%C3%B3nica-_guatemala-perdi%C3%B3-en-los-%C3%BAltimos-20-a%C3%B1os-casi-una-cuarta-parte-de-sus-bosques/46346228#:~:text=Buscar-,Guatemala%20perdi%C3%B3%20en%20los%20%C3%BAltimos%2020%20a%C3%B1os,cua)

CONAP. (23 de Junio de 2021). *Concejo Nacional de Áreas Protegidas*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2021, de conap.gob.gt: <https://conap.gob.gt/reforestacion-nacional-de-las-areas-protegidas-2/>

Rolando Vásquez, B. (21 de Abril de 2015). *https://www.prensalibre.com*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2021, de <https://www.prensalibre.com>: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/guatemala-ha-reducido-en-un-50-la-deforestacion/>

Weather Spark. (01 de enero de 2022). *Clima promedio en Pueblo Nuevo Viñas Guatemala durante todo el año*. Recuperado el 10 de enero de 2022, de <https://es.weatherspark.com/>: <https://es.weatherspark.com/y/11661/Clima-promedio-en-Pueblo-Nuevo-Vi%C3%B1as-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=El%20mes%20con%20m%C3%A1s%20lluvia,de%20%20mi1%C3%ADmetros%20de%20lluvia.>



**CAPÍTULO III**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**3 EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE LÍQUIDOS, PH, MANEJO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN DIETA LARVAL DE *Ceratitis capitata* (WIED.), A PEQUEÑA ESCALA, EN PLANTA EL PINO MOSCAMED, EL CERINAL, BARBERENA, SANTA ROSA**

**JOSÉ PABLO ROLDAN SÁNCHEZ**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022**





### 3.1 Resumen

Con la finalidad de mejorar los procesos de cría masiva en la Planta El Pino del Programa MOSCAMED Guatemala y de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 9001, fueron evaluados los siguientes parámetros clave: a) el porcentaje de líquidos y b) el pH en la formulación de la dieta larval. Adicionalmente, se probó el efecto del manejo de cobertores (para crear un microclima con la temperatura y humedad apropiadas) y dos diferentes densidades de siembra de huevo. Las variables de respuesta por tratamiento incluyeron: rendimiento de larva, calidad del insecto, eficiencia de costos y presencia de contaminación microbiológica. Se emplearon ensayos de Análisis de Varianza de Dos Vías para determinar la significancia de las diferencias detectadas entre las medias aritméticas de los tratamientos.

De estos experimentos, concluimos que el porcentaje de líquidos en la formulación de dietas larvales puede ser incrementado hasta 65% sin tener efecto negativo en el rendimiento, aumentando la eficiencia de costos al ahorrar un 4% de ingredientes sólidos, que son caros. El único efecto negativo registrado fue una ligera reducción en la longevidad de los insectos en los tratamientos con el mayor porcentaje de líquidos, pero este valor aún se encuentra muy por arriba del límite de calidad permitido. En los tratamientos con pH de 3.5, el rendimiento larval fue significativamente mayor, sin registrar diferencias en la calidad, pero si se registró presencia de hongos como contaminantes. Los tratamientos sin cobertor plástico tuvieron mayor rendimiento larval (+ 4.6 L pupa/ tm dieta larval) y mayor eficiencia de costos (su costo se redujo un 3 %) sin afectar la calidad. Todos los tratamientos con densidad de siembra alta tuvieron mayor rendimiento larval, sin embargo, no es proporcional, por lo que incrementar la densidad de siembra reduce la eficiencia de costos.

Palabras clave: Técnica del Insecto Estéril, calidad de insectos, moscamed, cría masiva, eficiencia de costos.



### 3.2 Abstract

With the purpose of improving the mass-rearing processes at El Pino Facility of the Guatemalan MEDFLY Programme, and in compliance with the ISO 9001, certification requirements, two key parameters were evaluated: a) the percentage of liquids and b) the pH in the formulation of larval diets. Additionally, the effect of plastic covers (in order to create microenvironments with the proper temperature and humidity) and two differences egg-seeding densities were tested. Response variables per treatment included: larval yield, quality of the reared insects, cost efficiency and presence of microbiological contamination. Double-way analysis of variance tests was used in order to determine the significance of differences detected between arithmetic means of the treatments.

From these experiments, we concluded that the percentage of liquids in the formulation of larval diets can be increased up to 65 % without having a negative effect on yield, thus increasing cost efficiency due to the saving of 4 % of costly solid ingredients. The only negative effect registered was a slight reduction of longevity in the treatment with the highest percentage of liquids, but this parameter is still way above the Quality Control (QC) limits. In the treatments with larval diet pH at 3.5, the yield was significantly higher, with no differences regarding quality, but contamination by fungi was registered in this treatment. The treatments without plastic covers had a higher yield (+ 4.6 L pupa/ tm diet) and cost efficiency (costs are reduced 3 %), without affecting quality. The treatment with higher egg seeding density had a higher larval yield; however, this increase is not proportional so that using higher egg-densities actually reduces the cost efficiency.

Keywords: Sterile Insect Technique, insect quality, medfly, massive rearing, cost efficiency.





### 3.3 Introducción

Según Knipling (1955), la Técnica del Insecto Estéril (TIE) o control autocida, es una técnica de Manejo Integrado de Plagas (MIP), que consiste en la liberación sistemática de insectos esterilizados para evitar la reproducción de manera natural de dicha especie. Esta técnica está basada en la producción y esterilización de insectos de la misma especie de la plaga en plantas de cría masiva (Liedo, Enkerlin, & Hendrichs, 2010) y su posterior liberación en campo para neutralizar la capacidad reproductiva de la plaga. Inmersa en este sentido esta la cría masiva de la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wied como actividad principal desarrollada por la Planta El Pino, que es la unidad de producción del Programa MOSCAMED Guatemala.

La mosca del Mediterráneo, *C. capitata* (Wied.), es de las plagas más dañinas del mundo (Programa MOSCAMED, 2010), teniendo la capacidad de poner 20 huevos diarios y hasta 400 huevos durante su ciclo de vida, y afectando aproximadamente 400 especies de plantas de importancia agrícola (Franqui Rivera, 2003). Por tal razón, Guatemala cuenta con la planta de producción de insectos estériles de mosca del Mediterráneo, para el combate de dicha plaga, con estándares de calidad y cantidad, liberando en promedio de 900 millones de machos estériles en el territorio nacional, y exportando a otros países (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2016). La mejora de los procesos de planta El Pino, MOSCAMED, ha hecho que Guatemala este a la vanguardia de tecnología apropiada en producción de este control biológico en particular, por lo que se hace necesario realizar investigaciones para mantenerse como el centro líder en la producción de estos controles biológicos y así ayudar a mantener las zonas agrícolas libres de plaga.

Por tales razones se evaluaron a pequeña escala, los niveles de líquidos (% en la formulación), acidez (pH), manejo (de cobertores) y densidad de siembra en dieta larval de *C. capitata* (Wied.), en la Planta El Pino, MOSCAMED. El propósito de investigar estos parámetros, calidad y reducir problemas de contaminación y fermentaciones en la dieta larval empleada en la cría de machos estériles, para su posterior liberación. La escala (pequeña = bandejas de 0.4 - 1 kg) es ideal para probar gran número de tratamientos a costo razonable.



### Definición del Problema

La Planta El Pino, del Programa MOSCAMED actualmente está certificada con el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), con la norma ISO 9001. Por esta certificación los procesos están organizados en relación a la optimización de los recursos y a la mejora continua, dentro de este avance dinámico es necesario realizar investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías sobre el tema. Según Pérez (2021), existen alrededor de 25 plantas de producción de cría masiva de moscas de la fruta alrededor del mundo. El incremento de costos y la inflación hacen que la mayoría funcionen en condiciones sub-óptimas o cierren operaciones. El MAGA (2016), indicó que la planta El Pino, MOSCAMED, es la más grande del mundo en calidad y cantidad. Con capacidad instalada de 3,000 millones de machos estériles por semana, actualmente la producción esta entre 1,100 a 1,200 millones de machos estériles por semana (Programa MOSCAMED, 2017).

La dieta larval es clave para el desarrollo del material biológico en las plantas de cría masiva. Sin embargo, el uso de niveles sub-óptimos de parámetros como el porcentaje de líquidos y el pH, además del manejo de cobertores plásticos y densidad de siembra (ml huevecillo/kg de dieta), pueden limitar el rendimiento, disminuir la calidad, causar problemas de fermentación, hongos u otros patógenos e incrementar los costos. Los ensayos a gran escala limitan el número de tratamientos y resultan costosos, ya que requieren decenas o cientos de toneladas de dieta larval; por ello, las evaluaciones a pequeña escala (bandejas de 0.4 - 1 kg) hicieron factible evaluar a costo experimental bajo, y cumpliendo con el SGC. Esto no impactó negativamente la eficiencia de las operaciones, en la cría de machos tratados térmicamente.



### **3.5 Marco teórico**

#### **3.5.1 Marco conceptual**

##### **3.5.1.1 Antecedentes**

Según Gutiérrez R., Martínez, Villaseñor C., Enkerlin H., & Hernández L., (2013), la Mosca del Mediterráneo, *C. capitata* (Wied.), es originaria del África subtropical. Fue introducida a América en las colonias, por los españoles y portugueses. Una de las introducciones más importantes fue en Brasil hace 2 siglos. Desde allí inició su migración hacia el norte. Fue reportada oficialmente en Guatemala en 1975.

Esta plaga pone en riesgo la producción y exportaciones horto-frutícolas de los países donde está presente, ante lo cual los gobiernos de Guatemala, México y Estados Unidos firmaron los convenios que dieron vida al Programa MOSCAMED (Salcedo-Baca, Lomelí-Flores, & Terrazas-González, 2009; Siebert & Cooper, 1995).

##### **3.5.1.2 Distribución**

La mosca del Mediterráneo fue identificada por primera vez en la región mediterránea de Europa y norte de África. En 1999 se mencionaba su presencia en 35 países de Europa, 12 de Asia, 40 de África, 5 de Oceanía y 26 de América (CABI, 2002). Vera y colaboradores (2002), señalan que, de no efectuarse medidas de control para esta plaga, su distribución podría verse ampliada a todo el sur de Asia, la región Mediterránea de Europa-África, todo el sur de África, la mayor parte del territorio de Oceanía, el sur de EUA, la mayor parte del territorio mexicano, Centroamérica y gran parte de Sudamérica.

##### **3.5.1.3 Detección en la región**

La primera detección de la mosca del Mediterráneo en el continente americano fue en 1904, en Brasil. En EUA se detectaron los primeros brotes de esta plaga en Florida en 1929; en Texas en 1966 y en California en 1975 (Weems, 1981). Actualmente dicho país se considera libre de esta plaga, con la presencia de brotes aislados que son controlados inmediatamente (Enkerlin, 2005). Teniendo considerable efecto, hasta 647.5 mil ha en California (Siebert & Cooper, 1995). En Centroamérica se detectó por primera vez en Costa Rica en 1955; llegó a Guatemala en 1976 y a México en 1977 (Schwarz, Liedo, & Hendricks, 1989).



### 3.5.1.4 Programa regional MOSCAMED

Según Enkerlin (2005), se consideró el gran riesgo que representaba la mosca del Mediterráneo para la agricultura de Guatemala, México y EUA, los tres países unieron esfuerzos para prevenir el desplazamiento de la plaga y se creó el Programa MOSCAMED en 1977 con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Los objetivos del Programa en ese entonces eran: 1) erradicar la mosca del Mediterráneo en territorio mexicano; 2) establecer una barrera de contención en la frontera Guatemala-México y continuar actividades de supresión entre la barrera de contención y el límite del área infestada en Guatemala; y 3) erradicar la mosca del Mediterráneo en Centroamérica, desde Guatemala hasta Panamá.

El grupo unificado de trabajo es financiado por los países cooperantes a través de las respectivas unidades de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, México), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, Guatemala) (Congreso de Guatemala, 1976).

#### 3.5.1.5 Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.)

La mosca del Mediterráneo es considerada la principal amenaza para la fruticultura y horticultura en muchos países. Se considera a la especie polífaga, atacando los frutos de unas 400 especies de plantas de importancia agrícola (Weems, 1981). Tiene preferencia por frutos de cáscara blanda y especialmente por aquellos de origen tropical (Liquido, Shinoda, & Cunningham, 1991). Algunos frutales como los cítricos, mango, durazno, café y guayaba están en la lista de los hospedantes preferidos y mayormente atacados por esta plaga (Salcedo-Baca *et al.*, 2009). El principal hospedante de esta plaga es el cultivo del café (Gutiérrez Samperio, 1976).

##### 3.5.1.5.1 Biología

Según Aluja Schuneman (1993), el adulto tiene el tamaño del tercio de la mosca doméstica. Son de color, café, casi negros y con marcas marfileñas brillantes en la parte dorsal del tórax. El escutelo es negro, con una banda marfil ondulada cerca de la base. Las alas son anchas y cortas, transparentes; con manchas en la parte basal, y bandas en las partes

basal y apical; de color café amarillento, blanco y negro. Al caminar siempre levantan extendidas sus alas.

La mosca del Mediterráneo es multivoltina (varias generaciones por año) con generaciones traslapadas. Aunque la mosca del Mediterráneo es capaz de desarrollarse en todos los ambientes donde prosperen sus hospedantes, es incapaz de sobrevivir en inviernos con temperaturas por debajo de los cero grados centígrados (CABI, 2002). Su ciclo de desarrollo está relacionado a la temperatura ya que el insecto detiene sus diferentes etapas (huevo, larva, pupa, adultos) por debajo de los 10 °C. Siendo, este nivel, el umbral de desarrollo ( $T_0$ ) de la especie. En general, se considera que la mosca del Mediterráneo requiere de 622 grados-días para completar su ciclo (Vera, Rodríguez, Segura, Cladera, & Sutherst, 2002), el cual es relativamente corto y en ambientes tropicales es menor al mes. La duración del ciclo depende del hospedante y de las temperaturas en las diferentes épocas del año. Riagamonti (2004) encontró que su ciclo de vida en Italia se completa de tres a cuatro semanas en verano y de seis a ocho en invierno cuando el hospedante es el durazno, mientras que el ciclo se completa en cinco en verano y de ocho a nueve semanas en invierno cuando el hospedante es la manzana. La mosca del Mediterráneo tiene alta capacidad reproductiva, con promedio de 300 huevos y máximo de 800 por hembra, aunque ésta detiene la ovoposición cuando las temperaturas descienden por debajo de 16 °C.

### **3.5.1.5.2 Importancia Económica**

Según Salcedo-Baca y colaboradores, (2009), de acuerdo al valor de los indicadores económicos generados, el Programa MOSCAMED ha sido económicamente factible y altamente rentable, por lo que su puesta en marcha y mantenimiento, a lo largo del periodo de 1978 al 2008, ha sido acierto de Guatemala, EUA y México. La razón B/C fue muy superior a uno (112 y 57, respectivamente), el VPN positivo (de 39,282 y 39,088 millones de dólares), la TIR sustantivamente alta y el  $PR=1$  para los dos escenarios en que se incluyeron los costos del Programa Regional MOSCAMED.

El estudio publicado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2009) muestra que la inversión que México realizó durante 40 años en el Programa Regional MOSCAMED se recuperó en los primeros meses del Tratado de Libre Comercio (TLC) con EEUU. Siebert y Cooper (1995) estiman que la re-infestación por



MOSCAMED en California tendría impacto de 1.2 billones de dólares y provocaría la pérdida de unos 14,000 empleos directos.

El Programa MOSCAMED ha sido factor estadísticamente significativo para generar variaciones positivas en el valor neto de la producción y exportaciones de las frutas y hortalizas; la creación y mantenimiento de empleo en la actividad hortofrutícola, y el ahorro de daños ambientales, representados por el uso de Malathion, la eliminación de enemigos naturales y el impacto negativo en la polinización y la apicultura (Salcedo-Baca *et al.*, 2009).

### **3.5.1.6 Dieta Larval de Mosca del Mediterráneo**

#### **3.5.1.6.1 Medio**

El medio en el cual se maneja a la larva de MOSCAMED es la dieta larval. Esta puede ser a base de olote, bagazo de caña o ambos (dieta mix), siendo este el medio de soporte de la dieta.

#### **3.5.1.6.2 Dieta larval**

Según Pérez (2015), la dieta utilizada en Planta El Pino en el proceso de cría larval de machos térmicos es utilizada para el desarrollo de las larvas. Sembrando huevo a diferentes densidades (ml de huevo/ kg dieta), con la finalidad de criar y luego colectar estas larvas en el instar L3, listas para pasar a pupas. Las larvas pasan en la dieta larval por espacio de 6 a 8 días y luego, cuando saltan fuera de ella, son colectadas y transportadas a cuartos especiales para su pupación. Esta dieta tiene 40% de ingredientes en base seca y 60% de agua. La formulación original se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Ingredientes de la dieta larval*

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	17-38		7-17
Agua ácida		55-60*	55-60

*Fuente:* Corado (2016).

\* Al momento de completar este estudio, la dieta se reformuló para incluir 61% de líquidos (% de líquidos en la formulación).

En el caso de la dieta actualmente se utiliza harinas de trigo y soya, levadura, y como medio de soporte se utiliza olote de maíz y bagazo de caña, el porcentaje de estos ingredientes se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Ingredientes en base seca para dieta Mix*

En base seca	
Ingrediente	%
Harina de Trigo	15-25
Levadura	10-20
Harina de soya	5-10
Azúcar	20-30
Olote de Maíz	15-25
bagazo de caña	15-25
Benzoato de Sodio	1-5
Total	100.00

*Nota:* estos ingredientes representan el 39.40% de la dieta, que es la base seca, el resto se completa con los líquidos. Véase Tabla 11.



### 3.5.1.6.3 pH

Se emplea solución de HCl para mantener la dieta larval ácida (pH entre 3.4 a 3.7), justo como los frutos en el campo, que son ácidos. Esto reduce la proliferación de microorganismos, por el principio llamado “pH restrictivo”. Sin embargo, se sospecha que si el pH es muy bajo, puede provocar que los almidones de la dieta se gelifiquen, causando problemas de fermentación, desarrollo de hongos contaminantes y atraso en el desarrollo de las larvas. Por ello es importante determinar el pH óptimo (Pérez, 2015).

### 3.5.1.6.4 Líquidos

Según Pérez (2015), históricamente en la cría larval se han empleado líquidos peso: peso tan bajas como 35% y 40%, de la dieta larval (ver Tabla 11). Basadas en la creencia que no se puede aumentar el porcentaje de líquidos, ya que promueve el desarrollo de hongos fermentadores de la dieta. La experiencia ha probado que esta creencia es errónea, ya que a baja humedad sólo sobreviven las esporas de los hongos y mueren los microorganismos benéficos para la Moscamed. Adicionalmente, la dieta seca se aísla térmicamente, impidiendo el intercambio eficiente de calor, lo cual causa sobrecalentamiento e incrementa los costos de refrigeración para alcanzar las temperaturas de cría óptimas. Esto ha llevado a cantidades mayores de líquidos, con lo que se han alcanzado mayores rendimientos y calidad. Actualmente se maneja 60 % - 61 % de líquidos en dietas larvales, pero la formulación con valores más altos de líquidos ha dado buenos resultados. Se estima que cada 1 % de ingredientes secos que son reemplazados con agua reducen los costos de formulación de dieta larval en USD \$85,000/año, por lo que es muy importante seguir optimizando la cantidad de líquidos de la dieta larval.

**Tabla 11**

*Ingredientes de la base líquida de la dieta Mix*

Ingrediente	Líquidos %
Agua	98-99
Formaldehido	0.1-0.4
HCl	0.5-1
Total	100.00

*Nota:* Estos líquidos representan el 60 – 61 % de la dieta larval.



### 3.5.1.7 Manejo de Temperatura

En el manejo de temperatura se busca equilibrio: si la temperatura es muy baja, el desarrollo de las larvas es demasiado lento y esto favorece la fermentación y pudrición de la dieta larval. Por el contrario, si la temperatura es muy alta, las larvas abandonan la dieta antes de tiempo y el peso alcanzado por los insectos es bajo, afectando negativamente el rendimiento y calidad (Pérez, 2015).

Como valor de referencia, las salas de cría larval manejan temperaturas típicas entre 18 a 29 °C. Estas se eligen basadas en los siguientes criterios: a) las larvas más pequeñas (L1 y L2) requieren temperaturas ambientales más altas, ya que no generan calor metabólico; b) conforme las larvas crecen (L3 y L4), empiezan a generar calor, por lo que la temperatura se debe reducir 2°C por cada instar; y c) al momento de salir las larvas (L5) de la dieta, ésta alcanza su máxima temperatura por lo que la temperatura ambiental debe ser reducida. En la etapa inicial (L1 y L2) se emplean cobertores plásticos para creando microclima de alto calor y humedad; sin embargo, el manejo inadecuado de cobertores puede causar sobrecalentamiento y mortandad larval.

#### 3.5.1.7.1 Cobertores

Después de la siembra de huevo de *C. capitata* W. en la dieta larval, se coloca un cobertor plástico, con la función de incrementar la temperatura del medio (dieta larval) acelerando de esta manera el desarrollo de la larva, el cobertor se retira cuando la dieta alcanzar los 30 °C.

#### 3.5.1.8 Siembra de Huevo

El huevo de *C. capitata* W. se aplica a la dieta larval el mismo día que esta se elabora, a esta práctica se le llama siembra, se realiza a diferentes densidades. Esto varía en base a la disponibilidad de huevo, la demanda entre otros factores. La densidad es la cantidad de huevo en ml que se aplica por Kg de dieta larval.

#### 3.5.1.9 Calidad aceptada

Según la Agencia Internacional de Energía Atómica (2019) los estándares de calidas aceptados en la producción de la Mosca del Mediterraneo (*C. capitata* W.), previo a ser irradiados, son los que se muestran a continuación (ver Tabla la 12).

Tabla 12

*Estándares de calidad aceptados internacionalmente en C. capitata W.*

Prueba	Mínimo	Aceptable
Peso pupa	7 mg	7.8 mg
Emergencia	75 %	80 %
Voladoras	70 %	75 %
Horas de vida	48 h → 65 %	48 h

*Nota:* En la table anterior se muestran los estándares de calidad de mosca del mediterráneo según el plan de calidad de la IAEA (IAEA, 2019).

Segun Perez (2015), La calidad de los insectos criados en la Planta El Pino, del Programa MOSCAMED, Estan por encima de los requerimientos internacionales de calidad descritos en la Tabla 12 establecidos por la Agencia Internacional de Energía Atómica.



### 3.6 Hipótesis

#### 3.6.1 Hipótesis de Investigación

La necesidad constante de optimizar los procesos de la cría masiva de mosca del Mediterráneo, *C. capitata* (Wied.) en la planta El Pino, MOSCAMED, precisa evaluar el porcentaje de líquidos, pH, manejo de cobertores y densidad de siembra a pequeña escala para mejorar el rendimiento y calidad.

#### 3.6.2 Hipótesis experimental

Al menos uno de los dos porcentajes de líquidos evaluados obtendrá rendimiento, eficiencia de costos y calidad mayor, menos problemas de contaminación.

Por lo menos uno de los dos pH evaluados obtendrá rendimiento, calidad y eficiencia de costos mayor, menos problemas de contaminación.

Por lo menos uno de los dos manejos de cobertor evaluados obtendrá rendimiento, eficiencia de costos y calidad mayor, menos problemas de contaminación.

Al menos una de las dos densidades de siembra evaluadas obtendrá rendimiento, eficiencia de costos y calidad mayor, menos problemas de contaminación.

Planteadas como hipótesis nulas, tenemos:

Ho(1): No hay diferencias en el rendimiento, calidad, fermentación o eficiencia de costos, debido al % de líquidos de la dieta larval (62 % vs 65 %).

Ho(2): No hay diferencias en el rendimiento, calidad, fermentación o eficiencia de costos, debido al pH de la dieta larval (3.5 vs 3.7).

Ho(3): No hay diferencias en el rendimiento, calidad, fermentación o eficiencia de costos, debido a al uso de cobertor en la dieta larval (con vs sin).

Ho(4): No hay diferencias en el rendimiento, calidad, fermentación o eficiencia de costos, debido a la densidad de siembra (1.1 vs 1.2 ml/ kg dieta larval).



### 3.7 Objetivos

#### 3.7.1 General

- Evaluar el porcentaje de líquidos, pH, manejo y densidad de siembra de *Ceratitis capitata* (Wied.) en pruebas a pequeña escala, en la Planta El Pino, MOSCAMED.

#### 3.7.2 Específicos

- Estudiar a pequeña escala el impacto de dos porcentajes de líquidos en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo sobre el rendimiento, calidad, eficiencia de costos y problemas de contaminación.
- Evaluar a pequeña escala el efecto de dos niveles de pH en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo sobre el rendimiento, calidad, eficiencia de costos y problemas de contaminación.
- Establecer el efecto del manejo de cobertores en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo sobre el rendimiento, calidad, eficiencia de costos y problemas de contaminación en pruebas a pequeña escala.
- Evaluar dos densidades de siembra de huevo en la dieta larval de la mosca del Mediterráneo y su impacto sobre el rendimiento, calidad, eficiencia de costos y problemas de contaminación en pruebas a pequeña escala.

### 3.8 Metodología

#### 3.8.1 Módulo donde se desarrolló

Se desarrolló en la Planta El Pino, de cría masiva de mosca del Mediterráneo ubicada en la Laguna El Pino, El Cerinal, Barberena, Santa Rosa, desde la etapa de huevo, larva, pupa y adultos.

#### 3.8.2 Diseño experimental.

Para evaluar los distintos tratamientos se desarrollaron diseños experimentales de DOS VÍAS con repeticiones, completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, en total 20 unidades experimentales por prueba, con 19 grados de libertad (ver Tabla 13).

**Tabla 13**

*Esquema para el análisis de varianza de doble vía*

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	3
Repeticiones	(r-1)	4
Error experimental	(t-1)(r-1)	12
Total		19

*Nota:* Esta es la fórmula que se utilizó para el análisis de varianza en las pruebas (de 4 tratamientos y 5 repeticiones cada uno en tres pruebas de doble vía).

El modelo estadístico empleado para el análisis de los resultados:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

$y_i$  = datos

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = error experimental



### Descripción de los tratamientos y unidades experimentales

El experimento se constituyó de tres pruebas de análisis de varianza de doble vía (Ver apartado 3.6.9 Análisis de datos):

Cada prueba estuvo formada por cuatro tratamientos y cinco repeticiones, haciendo en total veinte unidades experimentales por cada prueba, y sesenta en total, con distribución completamente al azar, sembrando a la dieta larval diferentes densidades, huevo (ml) por unidad de dieta larval (kg). Los tratamientos se describen en las tablas 14 a 16.

**Tabla 14**

*Evaluación del porcentaje de líquidos y densidad de siembra de huevo*

Tratamiento		Dieta larval kg	Densidad ml/kg
% Líquido (P:P)	ml huevo		
63	0.6	0.4	1.5
65	0.6	0.4	1.5
63	0.5	0.4	1.25
65	0.5	0.4	1.25

En el caso de la prueba de líquidos se trabajó con bandejas con capacidad de 400 g de dieta y debido a la capacidad de insumos se trabajó con 0.5 y 0.6 ml de huevo. El resto de ensayos se hicieron en bandejas de 1 kg.

**Tabla 15**

*Evaluación de pH y densidad de siembra de huevo*

Tratamiento		Dieta larval kg	Densidad ml/kg
pH	ml huevo		
3.7	1.1	1.0	1.1
3.5	1.1	1.0	1.1
3.7	1.2	1.0	1.2
3.5	1.2	1.0	1.2

*Nota:* se utilizó HCl en la dieta larval para cambiar el pH.

Se necesitaron 18 ml más de HCl (en 50 kg de dieta larval) del que se describe en la formulación para alcanzar el pH de 3.5.

**Tabla 16**

*Evaluación de manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

Tratamiento		Dieta larval kg	Densidad ml/ kg
Uso de cobertor	ml huevo		
Si	1.1	1.0	1.1
No	1.1	1.0	1.1
Si	1.2	1.0	1.2
No	1.2	1.0	1.2

*Nota:* Si: uso de cobertor 24 h; No: no se utilizó el cobertor.

Como se observa en las tablas 14, 15 y 16, en total cada variable evaluada (% líquidos, pH, manejo y densidad) se repite en dos tratamientos de doble vía, por lo que sus repeticiones son 10 en las 20 unidades experimentales evaluadas.



## Unidad experimental

Cada unidad experimental se constituyó por una bandeja plástica con capacidad de 1 kg de dieta larval, la cual se distribuyó completamente al azar, en niveles dentro del anaquel con capacidad para contener las 20 unidades experimentales (ver tablas 14 a 16). En el caso de la prueba del porcentaje de líquidos se utilizaron bandejas de 400 g de dieta, debido a su disponibilidad.

### 3.8.5 Distribución de las unidades experimentales en los anaqueles

Las unidades experimentales se distribuyeron completamente al azar, debido a que se trabajó en ambientes controlados. Para que el orden fuese aleatorio se utilizó la aplicación Randomizer (de Giannis Macheras). Se ordenaron en diferentes anaqueles, ver tablas 17, 18 y 19.

**Tabla 17**

*Distribución de las unidades dentro del anaquel porcentaje de líquidos*

Distribución en el anaquel			
Líquidos % - Densidad de siembra			
63 % - 1.2 ml	63 % - 1.1 ml	65 % - 1.2 ml	65 % - 1.1 ml
63 % - 1.1 ml	65 % - 1.1 ml	63 % - 1.2 ml	65 % - 1.2 ml
65 % - 1.2 ml	65 % - 1.1 ml	63 % - 1.2 ml	63 % - 1.1 ml
65 % - 1.2 ml	65 % - 1.2 ml	65 % - 1.1 ml	63 % - 1.2 ml
63 % - 1.2 ml	63 % - 1.1 ml	65 % - 1.1 ml	63 % - 1.1 ml

*Nota:* Posición de los tratamientos (bandejas, ver Anexo 1) en el anaquel (ver Anexo 2)



**Tabla 18**

*Distribución de las unidades dentro del anaquel evaluación de pH*

Distribución en el anaquel		
pH - Densidad de siembra		
3.7 - 1.2 ml	3.5 - 1.1 ml	3.7 - 1.1 ml
3.7 - 1.2 ml	3.7 - 1.1 ml	3.5 - 1.2 ml
3.5 - 1.1 ml	3.5 - 1.2 ml	3.5 - 1.1 ml
3.7 - 1.1 ml	3.5 - 1.2 ml	3.7 - 1.2 ml
3.5 - 1.2 ml	3.7 - 1.2 ml	3.7 - 1.1 ml
3.5 - 1.1 ml	3.5 - 1.1 ml	3.7 - 1.2 ml
3.5 - 1.2 ml	3.7 - 1.1 ml	

*Nota:* Posición de los tratamientos (bandejas, ver Anexo 1) en el anaquel (ver Anexo 2).

*Distribución de las unidades dentro del experimento de temperatura acumulada*

---

Distribución en el anaquel

Líquidos % - Densidad de siembra

---

No - 1.2 ml	No - 1.1 ml	Si - 1.1 ml
No - 1.1 ml	Si - 1.2 ml	Si - 1.2 ml
No - 1.2 ml	Si - 1.1 ml	Si - 1.1 ml
No - 1.1 ml	No - 1.2 ml	Si - 1.2 ml
Si - 1.2 ml	Si - 1.1 ml	No - 1.1 ml
No - 1.2 ml	No - 1.2 ml	Si - 1.1 ml
No - 1.1 ml		Si - 1.2 ml

---

*Nota:* Posición de los tratamientos (bandejas, ver Anexo 1) en el anaquel (ver Anexo 2).

### **3.8.6 Manejo**

#### **3.8.6.1 Dieta**

A continuación, se describe el proceso para la obtención de la dieta larval utilizada en las pruebas realizadas en Planta El Pino.

#### **A. Materiales**

Balanza semi analítica, bolsas plásticas (1-5 kg), pala de mano, mezcladora de dieta 100 kg, probeta de 500 ml, 200 ml y 100 ml, cubetas de 20 L.

Los ingredientes de la fase solida están descritos en la Tabla 10, y de la fase líquida en la Tabla 11.



## **B. Metodología**

Se encendió la mezcladora, y se agregó uno a uno los ingredientes de la fase sólida, detallados en la Tabla 10, y luego de 5 minutos la fase líquida, detallada en la Tabla 11. Se mezcla durante 15 minutos. Luego se retiró la mezcla de dieta y se procedió a pesar la cantidad a utilizar por tratamiento (0.4 - 1 kg), en las bandejas.

### **3.8.6.1.1 Preparaciones Líquidos y pH.**

Por cada 1 % de líquidos que se le incremento a la dieta se aplicó 10 ml de líquidos por kg de dieta.

Para que la mezcla sea más homogénea se hizo 50 kg de dieta larval. Para tener pH de 3.5 se aplicaron 18 ml más de HCl (por los 50kg de dieta larval) a la mezcla de dieta, del descrito en la Tabla 11.

### **3.8.6.2 Siembra**

#### **A. Materiales**

Pipeta de 10 ml, auxiliar de pipeta, probeta de 10 ml, probeta de 500 ml, beaker de 1000 ml, bomba de pecera de 120 V. Se utilizó huevo vespertino; Agua destilada.

#### **B. Metodología**

En base a la densidad deseada se preparó la solución con 5 % de huevo en agua (0.5 ml huevo/ 10 ml solución) y otra a 6 % de huevo en agua (0.6 ml huevo/ 10 ml solución), estas se vertieron en beakers de 1000 ml y se mantuvo en movimiento con la bomba de pecera, al pasar 5 minutos se midió en la probeta de 10 ml, y se dejó 5 minutos en reposo para que el huevo se precipitara, y se observó que la cantidad fuese la deseada.

Para la siembra se utilizó la pipeta y el auxiliar de pipeta, se midió 10 ml de solución y se aplicó en zig-zag sobre la dieta, esto último se repitió hasta alcanzar la cantidad de huevo requerida por cada tratamiento. Se tomó nota de la eclosión del huevo de *C. capitata* W. Véase Tabla 20.

*Tabla 20*  
*Eclosión del huevo utilizado en cada prueba*

Prueba	Eclosión
% Líquidos –densidad	42.32 %
pH-Densidad	39.30 %
Manejo de cobertor- densidad	50.33 %

*Nota:* La eclosión del huevo utilizado en las pruebas de doble vía.

A la hora de la siembra siempre existe un porcentaje de larva que ya eclosiono, del huevo, esto es medido por el proceso de Control de Calidad, quienes proporcionaron esta información dada en la Tabla 20.

En el caso de las pruebas de pH y uso de cobertores se aplicaron 20 ml de solución en el orden que se describe a continuación.

- Densidad 1.1 ml huevo = 0.5 ml huevo/10 ml solución + 0.6 ml huevo/ 10 ml solución.
- Densidad 1.2 ml huevo = 0.6 ml huevo/10 ml solución + 0.6 ml huevo/ 10 ml solución.

### **3.8.6.3 Manejo larval**

Primera habitación: esta sala posee temperatura de  $29 \pm 1$  °C y humedad relativa de 80 % - 83 %. Es el primer destino de la dieta, posterior a la siembra del huevo. Estando en total de 72 horas, ya que fue lo requerido para alcanzar la temperatura y el desarrollo de la larva deseado (2 – 3 mm). Después de la siembra, al tratamiento CON cobertor se le colocó al anaquel el cobertor de plástico el cual se retiró cuando la dieta alcanzó los 30 °C. Los tratamientos SIN cobertor, no se les colocó cobertor plástico. Posterior al retiro del cobertor, la temperatura desciende y se esperó hasta que alcanzara nuevamente la temperatura de 30 °C, para trasladar los tratamientos a la sala de maduración larval 1.

Segunda habitación: esta sala posee temperatura de  $22 \pm 1$  °C y humedad relativa de 84 % - 86 %. En esta sala la dieta pasa 24 horas y las larvas pasan a tener longitud de 5 – 6 mm luego, en el día 5 pasó a la sala de maduración larval 2.

Tercer habitación: esta sala posee temperatura de  $19 \pm 1$  °C y humedad relativa de 83 % - 85 %. En el día 5 se hizo la primera aplicación de dieta líquida (agua 2 L + formalina 2 ml + Benzoato de sodio 5 g) 50 ml por bandeja. Además, se observó si existía presencia de hongos o fermentación en la dieta.

El resto del manejo se realizó en esta sala. El día 6 se le aplicó dieta líquida (50 ml/ bandeja) por segunda y última vez. Estas aplicaciones ayudan a mantener la humedad de la dieta. Ese mismo día se trasladaron los tratamientos al anaquel de colecta, en el cual se colocaron charolas de plástico, con aserrín distribuido de manera homogénea en la base. Luego, sobre este en el medio de la charola se colocaron las bandejas con dieta larval, bandeja por cada charola de colecta. También se aprovechó para observar si existían signos de contaminación, tales como presencia de fermentación o de hongos.

Durante los ocho días en los que se trabaja con la dieta se realizó la medición del pH y la temperatura, utilizando potenciómetro y termómetros.

#### **3.8.6.4 Colecta**

Se realizó la colecta única, el día 8 a las 2 pm, hora de última colecta en producción a gran escala. Luego de esto se tamizó el aserrín para separarlo de las larvas y (o) pupas. Posteriormente se trasladan a la habitación  $17 \pm 1$  °C,  $80 \% \pm 5 \%$ , en condiciones de oscuridad total, donde paso 3 días.

Después de estos 3 días, previo a trasladarlos a otra habitación aclimatada, se efectuó la medición (ml y g) con la ayuda de la probeta de 100 ml y la balanza analítica.

#### **3.8.6.5 Maduración de la pupa**

Se traslado a la habitación con  $25 \pm 1$  °C,  $70 \% \pm 5 \%$ , en el cual se esperaron  $4 \pm 1$  días, para su maduración y realizar las respectivas pruebas de calidad que se describen en el apartado 3.6.7.3 Calidad.



## Variables de respuesta

### 3.8.7.1 Rendimiento de la larva obtenida

Se midió en base a la Recuperación de Pupa (RP): Medida de eficacia de la cría larval expresada en litros de pupa recuperada por kilogramo de dieta:

$$RP = \frac{L \text{ pupa}}{\text{kg dieta}}$$

Además, se calculó la recuperación del número de pupas por gramo de dieta.

$$p/g \text{ dieta} = \frac{\text{No. Pupas}}{\text{g dieta}}$$

También la cantidad de pupa por unidad de huevo sembrado.

$$p/h = \frac{\text{No. Pupas}}{\text{No. Huevos}}$$

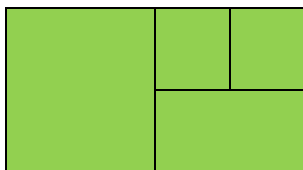
### 3.8.7.2 Problemas de fermentación, de hongos u otros patógenos

Se utilizaron escalas para medir la incidencia y severidad de hongos en la dieta larval. Para eso se utilizó la forma rectangular de las bandejas en las que se realizaron las pruebas, fraccionándolas para conocer el porcentaje en base a la cantidad de la unidad experimental que se encuentra afectada por los mismos (véase Figura 20).

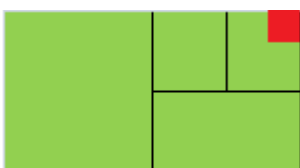
**Figura 20**

*Escalas de severidad de la contaminación dentro del área de la bandeja*

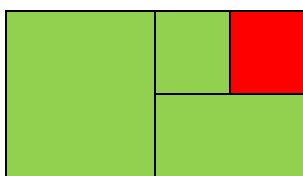
Índice = 0 (100 % de la bandeja libre de contaminación y hongos)



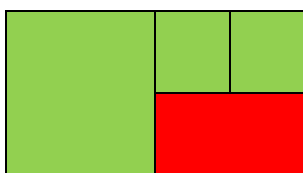
Índice=1 (2.1 % de la bandeja afectada por contaminación y hongos)



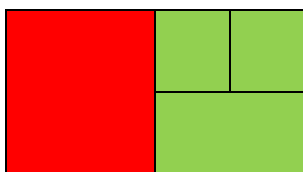
Índice = 2 (12.5 % de la bandeja afectada por contaminación y hongos)



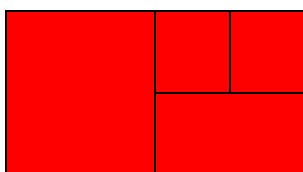
Índice = 3 (25 % de la bandeja afectada por contaminación y hongos)



Índice = 4 (50 % de la bandeja afectada por contaminación y hongos)



Índice = 5 (100 % de la bandeja afectada por contaminación y hongos)





### **3.8.7.3 Calidad**

Se midió con el apoyo del proceso de Control de Calidad de la Planta El Pino, la cantidad de pupa obtenida por medio de su peso (g), el porcentaje de mosca que emerge del estado de pupa, y el porcentaje de moscas con habilidad de vuelo, y la longevidad de estas (h), estas características son clave para el éxito para la Técnica del Insecto Estéril. Estas pruebas se describen en el manual de Calidad de la Agencia Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency, 2019).

Además, se determinó el tamaño de las pupas, para cálculos de rendimiento, y el color de puparlo, debido a que se pueden obtener estos resultados en base a las demás pruebas efectuada.

#### **3.8.7.3.1 Peso de pupas**

Para medir el peso promedio de la pupa en mg, se siguieron los siguientes pasos.

##### **A. Equipo**

Probeta de graduada de 10 ml, Balanza analítica con precisión de  $\pm 1$  mg, espátula y recipiente para manejo de pupas.

##### **B. Metodología**

Se midió con exactitud tres réplicas de 2 ml de pupas y se pesaron, anotando el peso de cada repetición, a esto se le anotó como peso de pupa con basura. Se contó el número de pupas de cada una, se anotó y se limpió desechando las pupas en mal estado y la basura. Nuevamente se procedió a pesar cada muestra, este es el peso sin basura. Teniendo esta información completa, se efectuaron los siguientes cálculos: Se anotó el promedio de cada medición, estos son los que se usaron para todos los cálculos.

Peso de pupa = ((peso sin basura) / (número de pupas)) x 1000



### **3.8.7.3.2 Porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo**

En esta prueba se buscó medir la cantidad de individuos que emergen de la pupa y cuántos de estos tienen la habilidad de volar.

#### **A. Equipo**

Tubos de PVC negro con altura de 10 cm y 9 cm de diámetro interno (de forma que no entre luz por los lados). Tapaderas de cajas Petri de 100 X 10 pintadas de negro mate o con papel construcción negro en el fondo para soltarla luz en la parte inferior.

Tiras de papel construcción negro de 1 cm de ancho por 20 cm de largo doblado en forma circular.

Cajas de plexiglás transparente de 30 x 30 x 40 cm, Talco industrial, Espátula y recipiente plástico.

#### **B. Condiciones ambientales**

El ambiente en donde se colocaron las cajas conteniendo las pruebas tuvieron las siguientes condiciones:

Temperatura  $25 \pm 1$  °C. y humedad relativa  $65 + 15$  %, intensidad de luz 1500 lux (a la boca de los tubos), fotoperiodo 14:10 horas (luz: oscuridad).

#### **C. Metodología**

A los tubos negros limpios se les colocó talco por la parte interna, capa delgada, dejando en la parte inferior de cada tubo la banda de 1 cm de ancho sin talco. Los tubos se colocaron sobre la tapadera de la caja petri y en la parte interior, la tira de papel negro doblada. Se contó 100 pupas y se introdujo dentro del tubo negro. Se realizó cuatro repeticiones de cada muestra. Se colocaron dentro de la caja de plexiglás y se colocó en el área destinada a esta prueba cuidando de las condiciones ambientales. La lectura se efectuó cuatro días después del montaje de la prueba.

El montaje se utilizó para evaluar la cantidad de insectos que volaron, el objetivo de usar tubo con talco es para que los insectos que caminan no se salgan del tubo, puesto que, al tener la superficie con talco, estos se caen al fondo, saliendo solamente los realmente voladores. En cada lectura se tomó en cuenta los insectos deformes, no emergidos, los que



parcialmente emergen, los no voladores y los voladores. Al tener cuatro repetidores, se calculó el promedio de cada uno de estos.

### **3.8.7.3.3 Color de pupario**

Para esta prueba solo se necesitó una probeta de 10 ml y una espátula.

Se midió 10 ml de pupa de la muestra, los cuales se separaron por color (blanca, café y negra). Los datos se tabularon y se calculó el % de pupa blanca (hembras), café (machos) y negra (muertas) que hay en el lote de cargado o colecta.

### **3.8.7.3.4 Pruebas realizadas a los adultos**

Preparación de los adultos para montaje de pruebas: Para las pruebas de adultos, se colocó primero la muestra de pupas, en la caja de plexiglás para su emergencia.

#### **A. Equipo**

petrí, caja de plexiglás de 30 x 30 x 40 cm para emergencia y cilindros de papel de 10 - 15 cm.

#### **B. Condiciones ambientales**

El ambiente en donde se colocaron las cajas de emergencia conteniendo las pruebas tuvieron las siguientes condiciones:

Temperatura  $25 \pm 1$  °C. y humedad relativa  $65 \pm 15$  %.

#### **C. Metodología**

La muestra de pupa (unos 100 ml) se colocó en la caja Petri abierta, centrada dentro de la caja de plexiglás. Sobre la pupa se colocó el cilindro de papel, para que los adultos recién emergidos tengan superficie donde desplegar sus alas y completar su emergencia. La caja de emergencia se colocó en el ambiente preparado para esta prueba. Y se esperó a que comiencen a emerger los adultos. De esta caja se sacó los adultos para su utilización en los diferentes ensayos que a continuación se describen.

El montaje para la prueba de longevidad se realizó con adultos que no tenían más de 2-3 horas de emergidos. Todos los adultos emergidos previamente se eliminaron con la aspiradora.

#### **3.8.7.3.5 Prueba de longevidad**

Este ensayo midió las reservas de alimento del insecto en el momento de su emergencia. Los montajes se hicieron sin agua ni comida, en obscuridad desde el inicio al fin de la prueba.

##### **A. Equipo**

Cajas petri de 100 x 15 mm, con malla y agujero succionador con manguera, algodón clínico.

##### **B. Condiciones ambientales**

El ambiente en donde se colocaron las cajas petri, de las pruebas tuvo las siguientes condiciones:

Temperatura  $25 \pm 1$  °C, humedad relativa 60 a 70 % y oscuridad de inicio a fin de la prueba.

##### **C. Metodología**

Teniendo los adultos ya emergidos, se usó el succionador para colocar 50 adultos en cada caja Petri, con cuatro repeticiones, se montó 200 machos térmicos. Mientras duró la prueba a los insectos no se les dio alimento ni agua. Las lecturas se efectuaron cada 24 horas anotando el número de adultos muertos y retirándolos en cada lectura, a través del orificio en la parte superior de la caja Petri. El resultado se expresó de dos formas: a) como porcentaje de muertas a las 48 horas y b) como vida media (horas a las que muere el 50 % de las moscas).

#### **3.8.7.4 Análisis económico**

Se realizó en base al análisis de los resultados, contrastados con la información de costos, a la que se accedió.



### **3.8.8 Toma de datos**

La toma de datos se realizó durante los 8 días que duró la dieta en la cría larval (problemas de fermentación), al coleccionar la larva (rendimiento) y luego, al alcanzar el estadio de pupa (calidad) de la mosca del Mediterráneo. Posteriormente se evaluó la eficiencia de costos.

### **3.8.9 Análisis de datos**

#### **3.8.9.1 Base de datos**

Cada uno de los datos recolectados en campo fue ingresado a la base de datos creada, la cual se elaboró en Excel y se utilizó para el análisis estadístico.

#### **3.8.9.2 Análisis de la información**

Se realizó el análisis de varianza para el diseño experimental de dos vías con repeticiones, completamente al azar, el cual permitió determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó el lenguaje R versión 3.2.2 (The R Foundation, 2016).

Al encontrar diferencias significativas, se empleó la prueba de separación de medias de Tukey, donde se determinó el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta. En cada experimento de dos vías, para separar los efectos principales se realizaron contrastes ortogonales.

#### **3.8.9.3 Integración gradual de los mejores resultados**

En base a los resultados de los análisis estadísticos, los mejores tratamientos de cada prueba se integraron a la prueba siguiente. Así, el porcentaje de líquidos que dio mejor resultado se empleó en la segunda prueba. Luego, el pH de mejor rendimiento se integró en la tercera prueba, sobre el manejo de cobertores en la dieta larval.

## **3.9 Resultados**

### **3.9.1 Líquidos en la dieta**

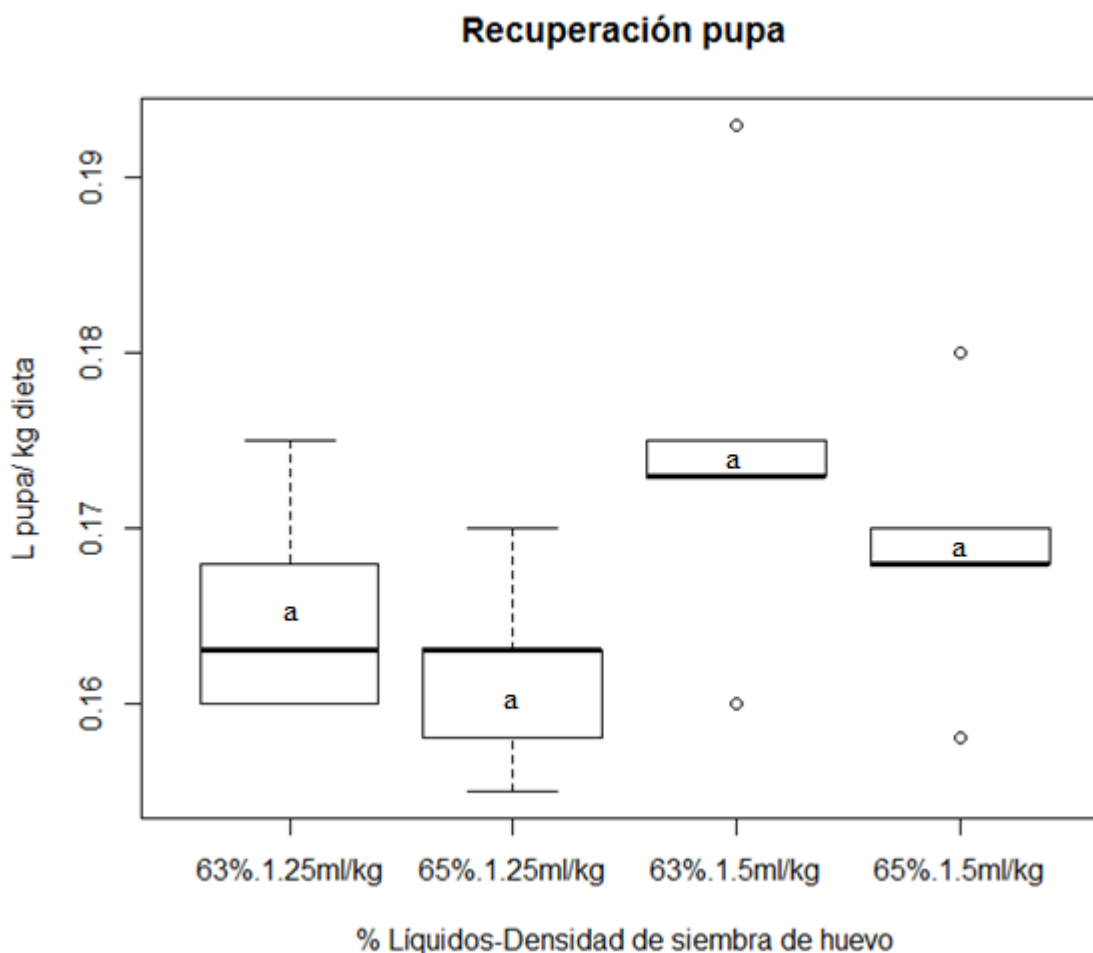
En esta prueba se evaluaron dos porcentajes de líquidos 63 % y 65 %. Dentro de ella se evaluaron dos densidades de siembra (1.25 y 1.5 ml de huevo/kg de dieta). Los resultados sugieren que la mayoría de diferencias detectadas se deben a la densidad de siembra y que hay algunos parámetros de calidad que pueden ser afectados por el % de líquidos.

### 3.9.1.1 Rendimiento

La variable principal evaluada fue la recuperación de pupa, L de pupa por kg de dieta, el cual se observa en la Figura 21.

**Figura 21**

*Recuperación pupa vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

No existe diferencia ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos de doble vía (ver Figura 21). Pero en el caso del contraste ortogonal, se determinó que existe diferencia significativa entre las dos densidades de siembra ( $p < 0.05$ ) utilizadas (ver Tabla 21), en la recuperación de L de pupa por kg de dieta, pese a que la diferencia de las densidades es considerable al verse



representada a gran escala (diferencia de 250 ml huevo/ tm). Mientras que el beneficio percibido es de 8.25 L de pupa por tm de dieta, por lo que se recomienda utilizar la densidad más baja.

Mientras que en el caso de los líquidos al no tener diferencia estadística ( $p > 0.05$ ), se decidió seguir en las demás pruebas con 63 % de líquidos, ya que su RP fue 2.8 % mayor.

Para respaldar estos datos se hizo el cálculo de otras variables relacionadas, siendo estas, la cantidad de pupa por g de dieta, y la cantidad de pupa por huevos sembrado, en la Tabla 21 se pueden observar los valores medios de cada variable obtenida.

**Tabla 21**

*Contrastes ortogonales: Rendimiento vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo*

Tratamientos	Recuperación pupa/g dieta	Eficiencia pupa/huevo	RP pupa/kg dieta	L
63 %	9.5845 <sub>a</sub>	0.2410 <sub>a</sub>	0.1698 <sub>a</sub>	
65 %	9.17825 <sub>a</sub>	0.2310 <sub>a</sub>	0.1650 <sub>a</sub>	
1.25 ml/kg	9.199 <sub>a</sub>	<b>0.2529<sub>a</sub></b>	<b>0.1633<sub>b</sub></b>	
1.5 ml/kg	9.56375 <sub>a</sub>	<b>0.2191<sub>b</sub></b>	<b>0.1715<sub>a</sub></b>	

*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Como se observa en la Tabla 21, existe diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) entre densidades, se obtuvo 13.36 % más de pupas por huevo sembrado a menos densidad (1.25 ml / kg dieta), lo que podría resultar de la competencia entre individuos de la misma especie.

### 3.9.1.2 Calidad

Los parámetros evaluados fueron: a) % de pupa café (= % de machos), mientras más alto, mejor; b) el % de pupa negra (= pupa muerta), mientras más bajo mejor; c) el peso a 48 hrs, es la medida de las reservas nutricionales del insecto, debe estar por arriba de 8.5 mg; d) las pupas por litro, deben estar por debajo de 65,000 pupas/L; e) el % de emergencia, debe estar por arriba del 80 %; f) el % de voladoras, debe estar por arriba del 75 % (ver Tabla 22).

**Tabla 22**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo*

Tratamiento	% Pupa café	Peso (mg)	Pupas por litro	% emergencia	% voladoras	Horas vida
63%	98.26	8.68 <sub>a</sub>	56450	97.2 <sub>a</sub>	95.8 <sub>a</sub>	<b>89.2<sub>a</sub></b>
65%	98.55	8.75 <sub>a</sub>	55650	94.9 <sub>a</sub>	94.0 <sub>a</sub>	<b>85.7<sub>b</sub></b>
1.25 ml/kg	98.60	8.76 <sub>a</sub>	56350	97.1 <sub>a</sub>	95.7 <sub>a</sub>	<b>85.3<sub>b</sub></b>
1.5 ml/kg	98.22	8.68 <sub>a</sub>	55750	95.0 <sub>a</sub>	94.1 <sub>a</sub>	<b>89.6<sub>a</sub></b>

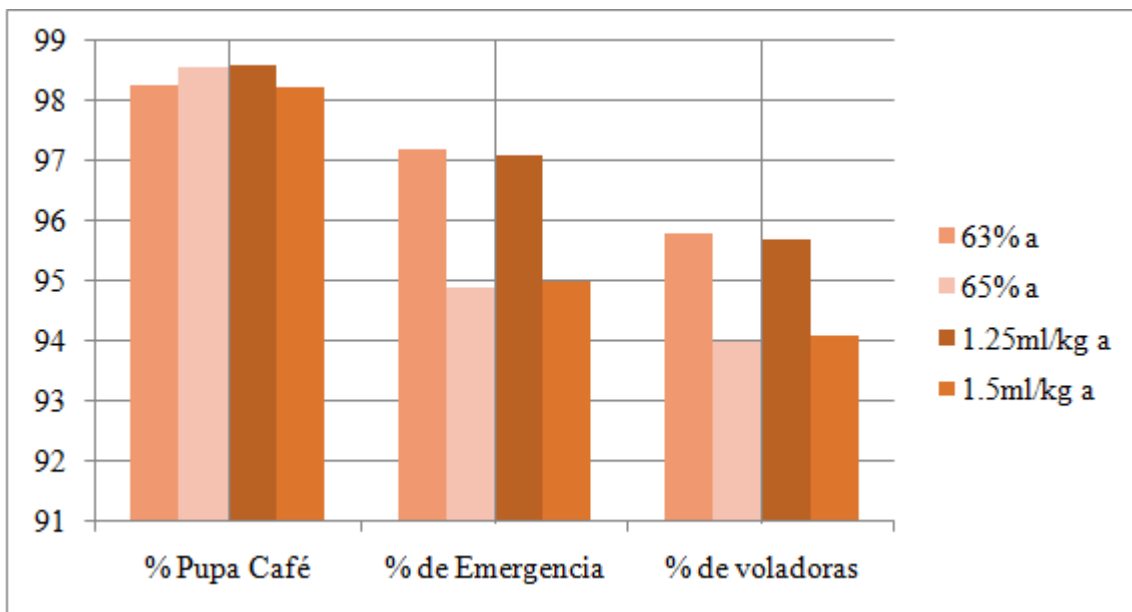
*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).



Los parámetros de calidad son mayores a los descritos en la Tabla 12, la única diferencia es en las horas de vida, en el cual se ve influencia a menos densidad de siembra (1.25 ml / kg), teniendo reducción (4.3 h) y a más líquidos (65 %) se ve menos horas de vida (3.5 h) en condiciones de estrés, ver Figura 22.

**Figura 22**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs % de líquidos y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).



### 3.9.1.3 Análisis de varianza

Con los datos de la recuperación de pupa, se realizó el análisis estadístico, en el cual se observó que no hay diferencia estadística entre los tratamientos con diferentes porcentajes de líquidos ( $p > 0.05$ ). Los tratamientos con diferente densidad mostraron tener diferencia estadística ( $p < 0.05$ ), como se observa en la Tabla 23.

**Tabla 23**

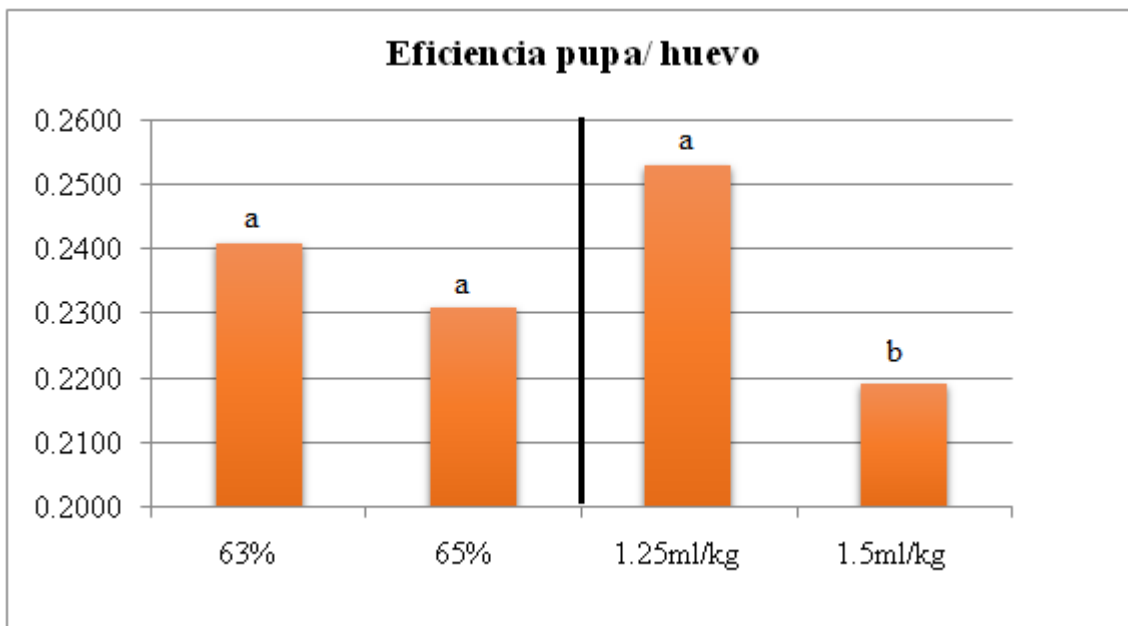
*Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs % líquidos y densidad de siembra de huevo.*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
% Líquidos	1	0.0001104	0.0001104	1.701	1.701	3.239
Densidad	1	0.0003445	0.0003445	5.306	0.0342	3.239
Residuos	17	0.0011036	0.0000649			
Total	19	0.0015585				

También se realizó análisis de varianza en las variables recuperación de pupa/ g de dieta, para el cual no se encontró diferencia entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), y recuperación pupa/ huevo, de los cuales solo se obtuvo diferencia entre los tratamientos con diferente densidad de siembra ( $p < 0.001$ ) (ver Figura 23; ver anexos 17 y 18).

### Figura 23

*Contrastes ortogonales: Eficiencia pupa/huevo prueba de % líquidos y densidad de siembra*

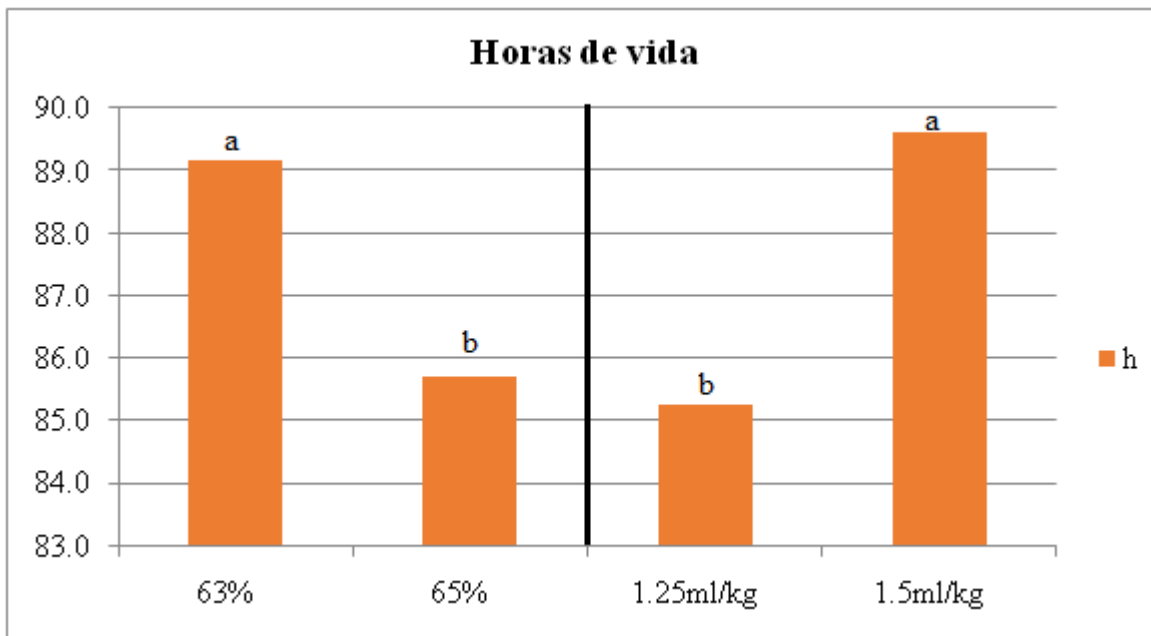


*Nota:* Cantidad de pupa obtenida por cada huevo sembrado;  $n = 20$ ; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para las pruebas de calidad las variables peso de pupa (mg), emergencia (%) y voladoras (%), no se obtuvo diferencia entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). En el caso de las horas de vida, de los adultos en condiciones hostiles, se demostró diferencia estadística entre las densidades de siembra ( $p < 0.05$ ), y también el porcentaje de líquidos ( $p < 0.01$ ), (ver Figura 24) (Ver anexos 19, 20, 21 y 22).

**Figura 24**

*Contrastes ortogonales: Longevidad (horas de vida media) vs % líquidos y densidad de siembra*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

### 3.9.1.4 Problemas de fermentación, de hongos u otros patógenos

No se registró la presencia de hongos o algún otro patógeno en la dieta durante el tiempo de las pruebas (escala en Figura 20).

### 3.9.1.5 Análisis económico

Debido a que no hay diferencia estadística en la recuperación pupa entre los 63 % y 65 % de líquidos, por lo que se puede trabajar con ambas. Pérez (2021), indico que el precio de la dieta por tm es de \$500 con 39 % de ingredientes en base seca. Por lo que reducir en 1 % reduce los costos en \$12.82, esto se logra gracias al incremento de líquidos en la dieta larval. Ver Tabla 24.

*Precio de la dieta larval por tm y su beneficio económico*

Precio Dieta					
Sólidos	Líquidos	Precio tm	15 tm/ día	365 días/ año	Beneficio
39 %	61 %	\$500	\$7,500	\$2,737,500	--
37 %	63 %	\$474	\$7,115	\$2,597,115	\$140,385
35 %	65 %	\$449	\$6,731	\$2,456,731	\$280,769

*Nota:* el beneficio es respecto la dieta larval con 39 % de base sólida, ya que es la utilizada actualmente.

Para la densidad de siembra se obtuvo diferencia estadística en la recuperación pupa. No es rentable incrementar la densidad, porque aumento 20 % la densidad de siembra (ml de huevo/ kg dieta), pero solo se produjo 5 % más de pupa.

### 3.9.2 Acidez (pH)

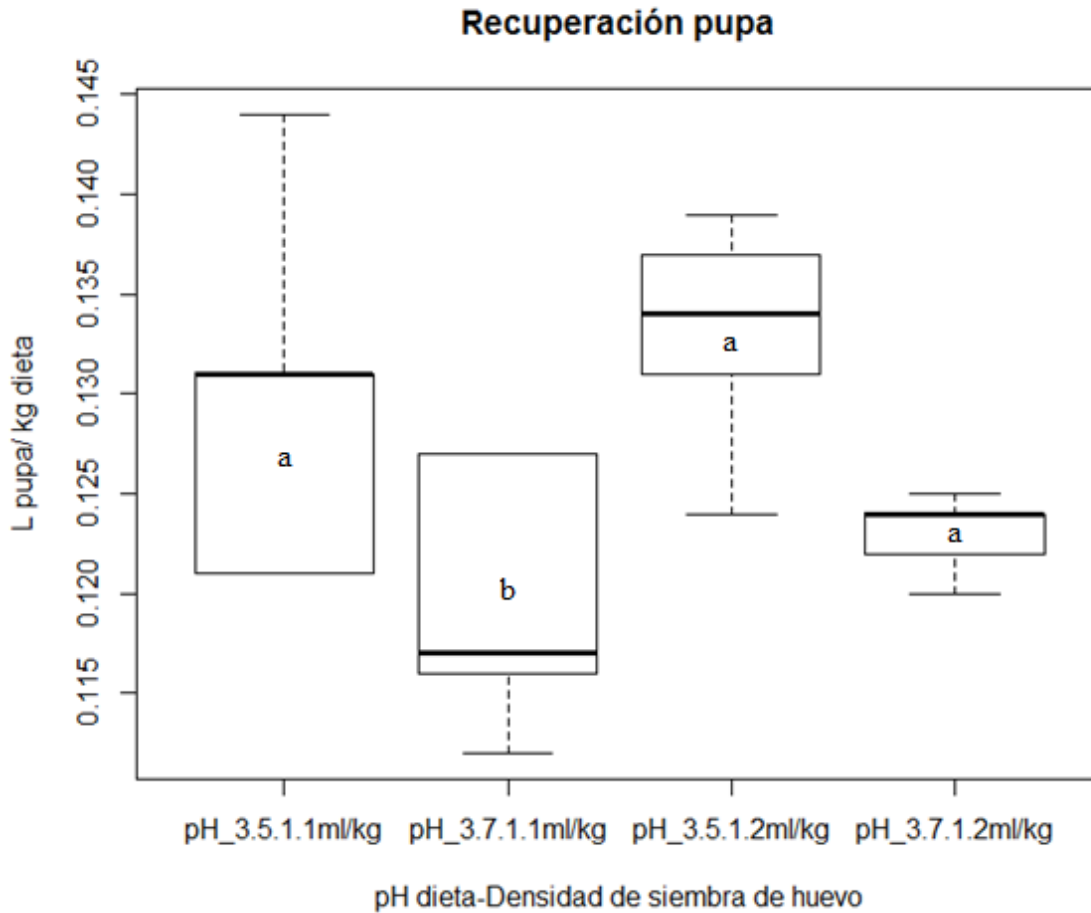
En esta prueba se evaluaron dos pH (3.5 y 3.7) y dos densidades de siembra (1.1 y 1.2 ml de huevo por kg de dieta), para cambiar el pH en la dieta se utilizó ácido cítrico, como se describe en la metodología.

#### 3.9.2.1 Rendimiento

La variable de respuesta evaluada fue la recuperación de pupa (Figura 25), expresada en L de pupa por kg de dieta.

**Figura 25**

*Recuperación de pupa vs pH y densidad de siembra*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para las pruebas de doble vía el tratamiento diferente fue el pH 3.7 y densidad de siembra de huevo 1.1 ml huevo/ kg dieta, con recuperación pupa media de 0.1198 (L de pupa/ kg de dieta) siendo la más baja. En el contraste ortogonal se determinó que la diferencia existente es entre el pH ( $p < 0.01$ ), teniendo 7.54 % más de recuperación pupa, a pH 3.5 (ver Figura 25 y Tabla 25).



Para respaldar estos datos se hizo el cálculo de otras variables relacionadas, siendo cantidad de pupa por g de dieta, la cantidad de pupa por huevos sembrado, en la Tabla 25 donde se pueden observar los valores medios de cada variable.

**Tabla 25**

*Contrastes ortogonales: Rendimiento vs pH y densidad de siembra de huevo*

Tratamientos	Recuperación pupa/g dieta	Eficiencia huevo/pupa	RP L pupa/kg dieta
pH 3.5	<b>6.93865<sub>a</sub></b>	<b>0.2075<sub>a</sub></b>	<b>0.1313<sub>a</sub></b>
pH 3.7	<b>6.47215<sub>b</sub></b>	<b>0.1936<sub>b</sub></b>	<b>0.1214<sub>b</sub></b>
1.1 ml/kg	6.5575 <sub>a</sub>	0.2049 <sub>a</sub>	0.1247 <sub>a</sub>
1.2 ml/kg	6.8533 <sub>a</sub>	0.1963 <sub>a</sub>	0.128 <sub>a</sub>

*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas (p > 0.05).

Se determino diferencia entre el pH evaluados, en cantidad de pupas obtenidas por g de dieta (6.72 %), al incrementar en 6.71 % la siembra de huevo, ambos mayores a pH de 3.5 (ver Tabla 25). Además del ya mencionado en la recuperación pupa. Por lo que en base a rendimiento se recomienda el uso de este pH en la dieta larval para *C. capitata* W.

### 3.9.2.2 Calidad

Los tratamientos fueron evaluados con pruebas de calidad, en las pupas, para establecer relaciones entre los tratamientos, y la calidad de la pupa, para el desarrollo de futuras investigaciones (ver Tabla 26).

**Tabla 26**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs pH y densidad de siembra de huevo*

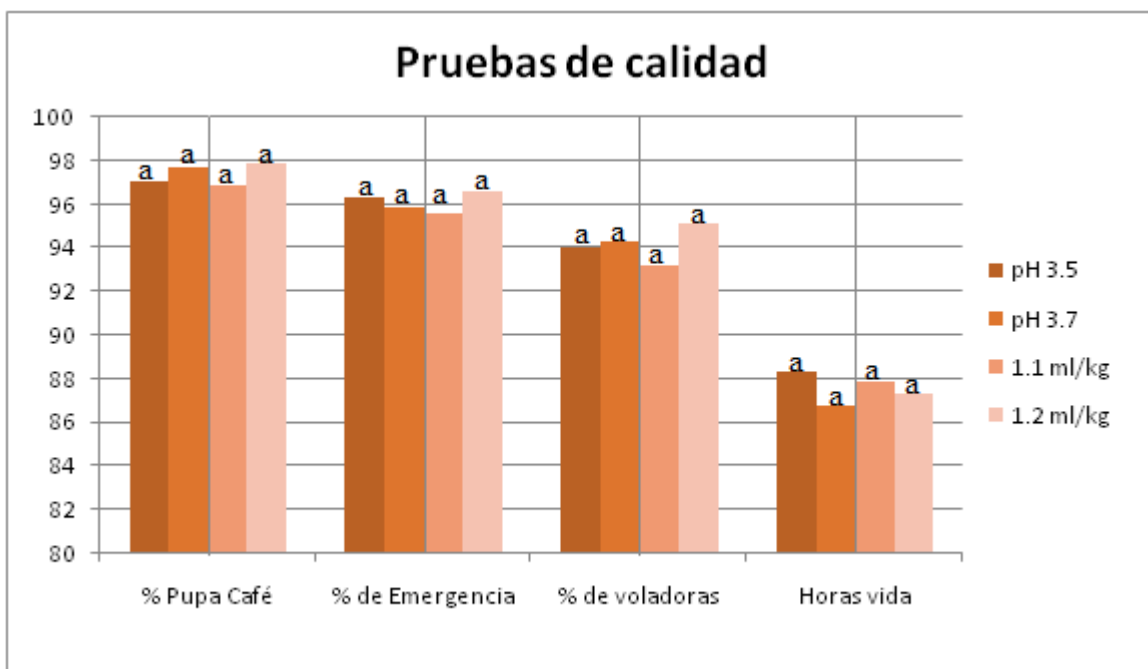
Tratamiento	% Pupa café	Peso (mg)	Pupas por litro	% de emergencia	% de voladoras	Horas vida
pH 3.7	97.71	9.20 <sub>a</sub>	53300	95.9 <sub>a</sub>	94.3 <sub>a</sub>	86.8 <sub>a</sub>
pH 3.5	97.03	9.22 <sub>a</sub>	52850	96.3 <sub>a</sub>	94.0 <sub>a</sub>	88.4 <sub>a</sub>
1.1 ml/kg	96.84	9.26 <sub>a</sub>	52600	95.6 <sub>a</sub>	93.2 <sub>a</sub>	87.9 <sub>a</sub>
1.2 ml/kg	97.89	9.16 <sub>a</sub>	53550	96.6 <sub>a</sub>	95.1 <sub>a</sub>	87.3 <sub>a</sub>

*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Según lo visto en la Tabla 26, no existe efecto estadístico ( $p > 0.05$ ) en la calidad versus pH y densidad de siembra en la dieta larval (ver Figura 26). Por lo que no existió relación entre estos, para las variables peso de pupa (mg), emergencia (%), voladoras (%) y longevidad (h de vida) estando los resultados obtenidos por encima de los requerido por la IAEA (2019).

**Figura 26**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs pH y densidad de siembra de huevo.*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas (p > 0.05).

### 3.9.2.3 Análisis de varianza

En base a la recuperación de pupa, se demostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos en base al pH (p < 0.01) (ver Tabla 27), pero sin diferencias debidas a la densidad de siembra (p > 0.05), por lo cual se rechaza la hipótesis nula que indica que no existe diferencia en el rendimiento debido al pH.

En la Figura 27 se observa de mejor manera la diferencia entre los tratamientos de doble vía, mediante el uso de la prueba de Tukey.



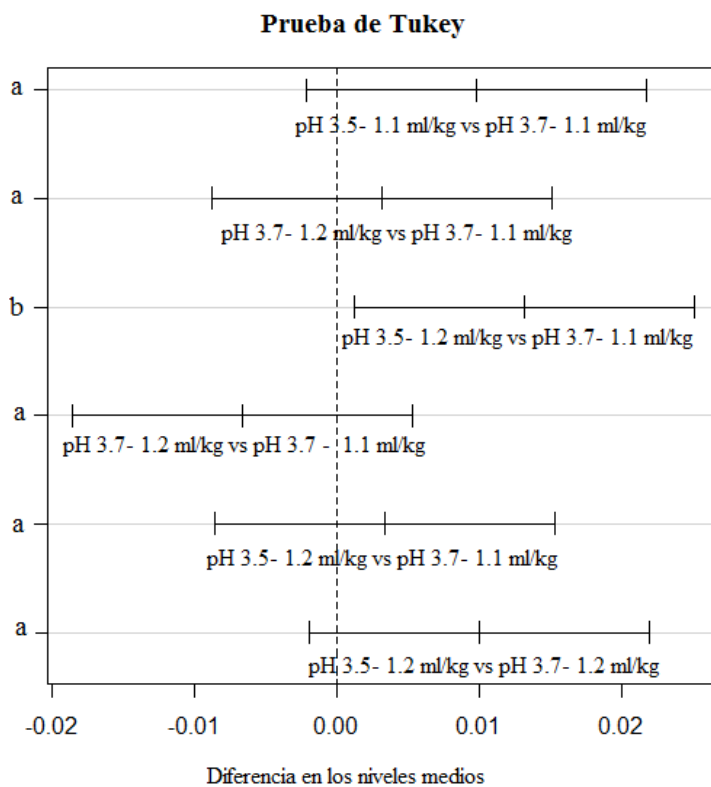
**Tabla 27**

*Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Ph	1	0.00049	$4.9 \times 10^{-4}$	11.9	0.00306	3.239
Densidad	1	0.0000544	$5.44 \times 10^{-5}$	1.32	0.266	3.239
Residuos	17	0.0007001	$4.12 \times 10^{-5}$			
Total	19	0.0012445				

**Figura 27**

*Prueba de Tukey, Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo*

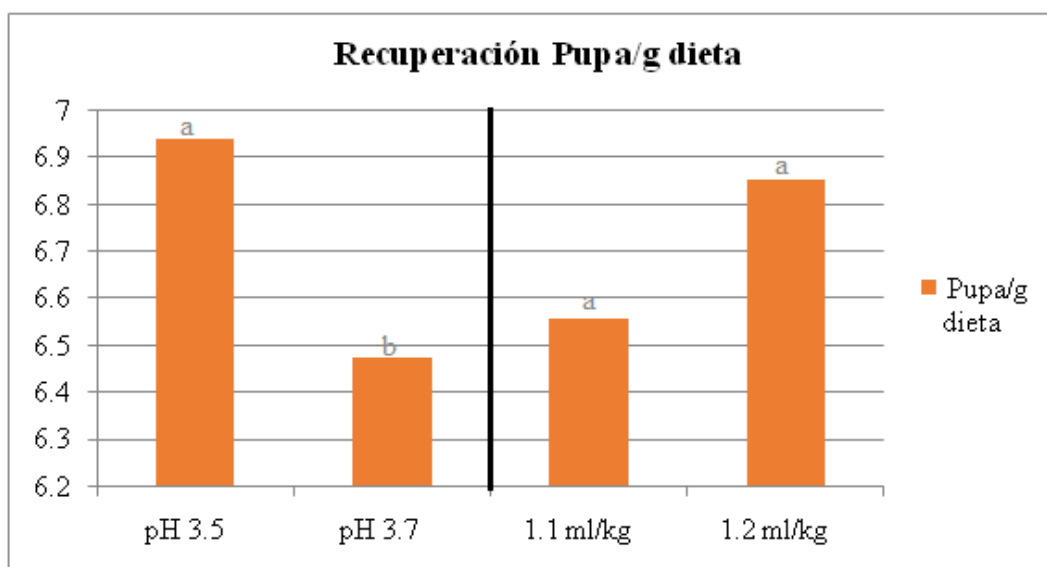


*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Respecto a las variable de rendimiento en la recuperación pupa/ gramos de dieta (Ver Figura 28) no se encontró diferencia respecto a la densidad de siembra ( $p > 0.05$ ), pero sí hay diferencias significativas debido al pH ( $p < 0.01$ )(Ver Anexos 26 y 27).

### Figura 28

*Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/g de dieta vs pH y densidad de siembra de huevo*

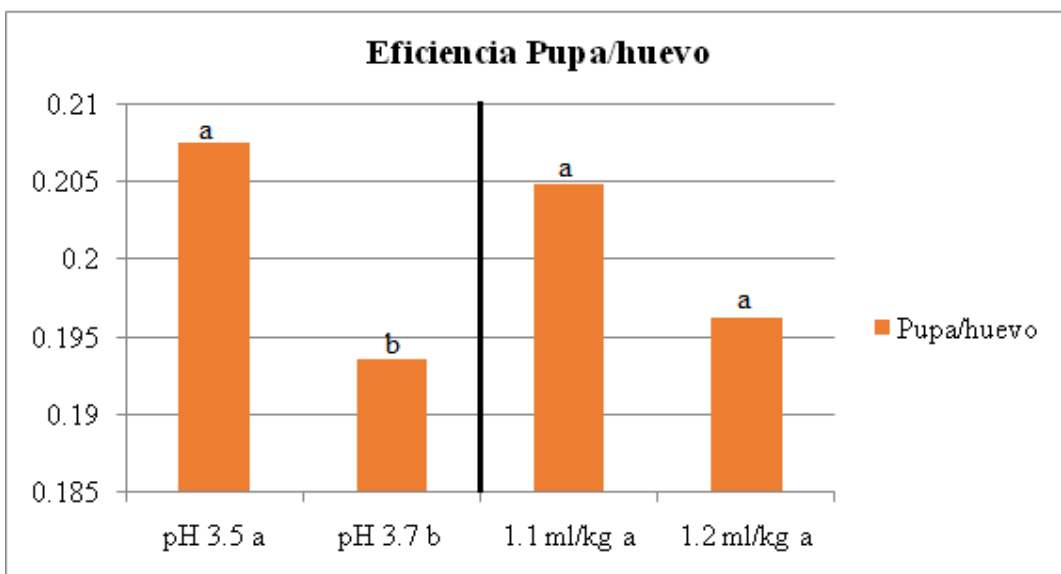


*Nota:* Pupa obtenida por g de dieta; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para la evaluación del rendimiento en base a la cantidad de pupa, por huevo sembrado (pupa/huevo), al igual que la recuperación de pupa/ gramo, solo existe diferencia en los diferentes pH, véase Figura 29.

**Figura 29**

*Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/huevo vs pH y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* Cantidad de pupa obtenida por cada huevo sembrado; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

En las pruebas de calidad no se detectaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (pH y densidad de siembra de huevo) ( $p > 0.05$ ) (Ver Tabla 26) para las variables evaluadas: peso de pupa (mg), emergencia (%), voladoras (%) y horas de vida (Ver anexos 26, 27, 28 y 29).

### 3.9.2.4 Presencia de fermentación, de hongos u otros patógenos

70 % de los tratamientos con pH 3.5 tuvieron incidencia de hongo de micelio blanco, con severidad de grado uno (menos de 2.1 % de la bandeja afectada) (Ver Anexo 8), como se muestra en la Figura 20. Se empleó la escala descrita en la sección 3.6.7.2, Problemas de fermentación, de hongos u otros patógenos. Existiendo diferencia significativa entre tratamientos de pH ( $p < 0.001$ ). Sin diferencia en la densidad de siembra de huevo ( $p > 0.05$ ).

### 3.9.2.5 Análisis económico

El pH con el rendimiento significativamente más alto, es el pH 3.5, según indica Pérez (2021), disminuir a este pH significaría 10 L de HCl al día más, a costo de \$7/ L HCl. Costo extra anual de \$25,550. Y con rendimiento de 7.54 % mayor la cantidad de dieta larval a utilizar es menor, reduciendo así el costo en la misma como se observa en la Tabla 28.

**Tabla 28**  
*Costo y beneficio del pH vs dieta larval*

pH	tm dieta/		Costo	
	día	Costo	anual	Beneficio
3.7	15	\$7,500	\$2,737,500	--
3.5	13.95	\$6,975	\$2,545,875	\$191,625

Mientras para la densidad se necesita que el rendimiento incremente en 5 % para que sea viable incrementar en 10 % la densidad, no respetándose este principio se recomienda utilizar la densidad de siembra de huevo de 1.1 ml de huevo/ kg de dieta (Pérez, 2021).

### 3.9.3 Manejo de cobertores plásticos

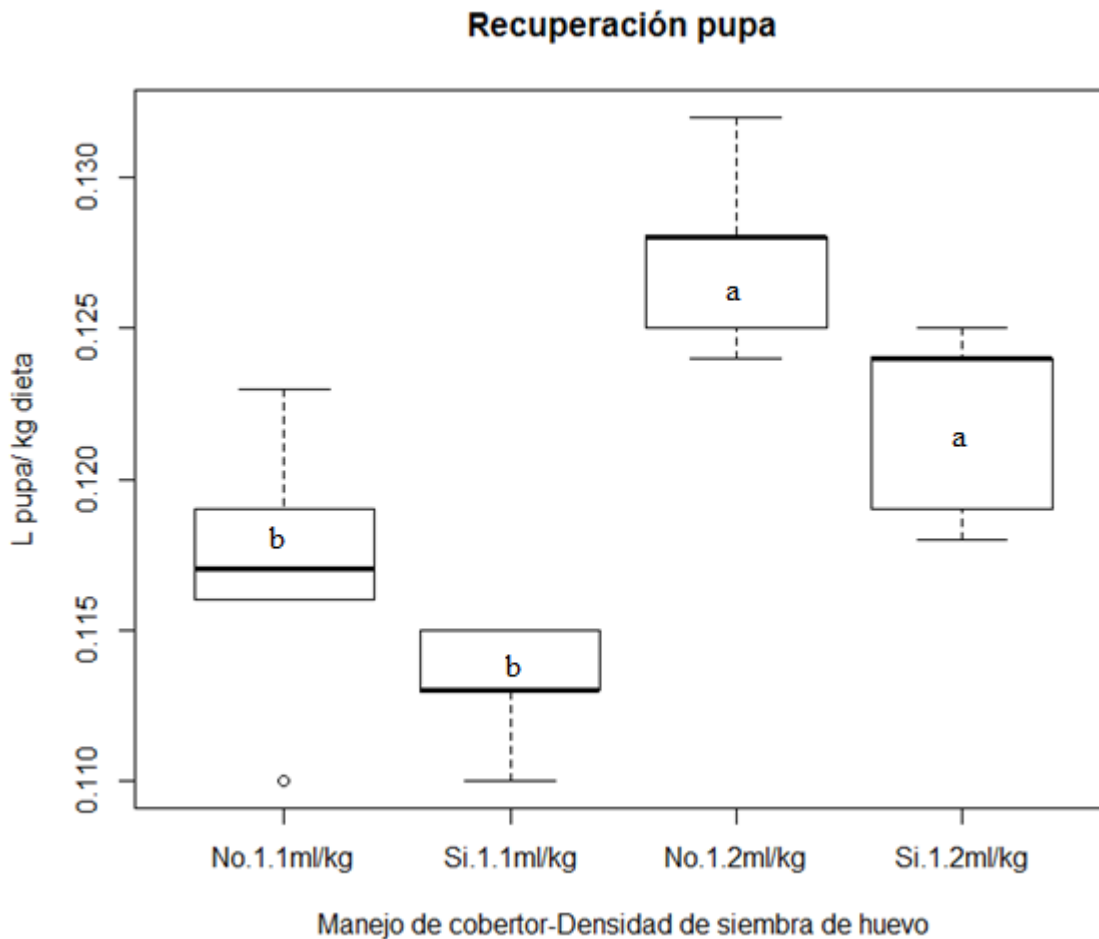
En esta prueba se encontró que retirar los cobertores plásticos en el manejo inicial de la dieta larval produce incremento en el rendimiento de pupa. Aunque aparentemente la densidad de siembra también influye la recuperación de pupa (a mayor densidad, mayor recuperación de pupa) el análisis estadístico muestra que las diferencias aparentes en rendimiento de pupa no son significativas al comparar los dos pH evaluados.

#### 3.9.3.1 Rendimiento

La variable de respuesta evaluada fue la recuperación de pupa, L de pupa por kg de dieta, el cual se observa en la Figura 30.

**Figura 30**

*Recuperación de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para esta prueba se obtuvo mayor efecto de parte de la densidad de siembra de huevo ( $p < 0.001$ ), que por el manejo de los cobertores ( $p < 0.01$ ), lo que se podría deber a que la eclosión estuvo por encima del 50 % a diferencia de las otras pruebas (ver Tabla 20). En el contraste ortogonal se determinó que la diferencia en la recuperación pupa, fue mayor para el manejo sin cobertor (3.76 % más), en el caso de la densidad de siembra de huevo el mejor resultado fue a mayor densidad (1.2 ml huevo/ kg de dieta) teniendo 7.7 % más.



Para respaldar estos datos se hizo el cálculo de otras variables relacionadas, siendo estas, la cantidad de pupa por g de dieta, y la cantidad de pupa por huevos sembrado, en la Tabla 29, se pueden observar los valores medios de cada variable obtenida.

**Tabla 29**

*Contrastes ortogonales: Rendimiento vs manejo de cobertor y densidad de siembra de huevo*

Tratamientos	Recuperación pupa/g dieta	Eficiencia huevo/pupa	RP pupa/kg dieta	L
Cobertor	<b>6.388<sub>b</sub></b>	<b>0.191<sub>b</sub></b>	<b>0.118<sub>b</sub></b>	
Sin Cobertor	<b>6.590<sub>a</sub></b>	<b>0.197<sub>a</sub></b>	<b>0.122<sub>a</sub></b>	
1.1 ml/kg	<b>6.214<sub>b</sub></b>	0.191 <sub>a</sub>	<b>0.115<sub>b</sub></b>	
1.2 ml/kg	<b>6.764<sub>a</sub></b>	0.194 <sub>a</sub>	<b>0.125<sub>a</sub></b>	

*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas (p > 0.05).

Para el manejo de cobertores, se determinó que el mejor tratamiento fue sin el uso de cobertores, con recuperación pupa/g dieta 3.06 % mayor. Y eficiencia pupa/huevo de 3.1 % mayor. Para la densidad de siembra de huevo la diferencia estuvo en la recuperación pupa/g dieta, siendo 8.13 % mayor a 1.2 ml huevo/ kg dieta.



### 3.9.3.2 Calidad

Para determinar si existe relación entre los tratamientos y la calidad, se realizaron pruebas sobre las pupas y los adultos, los cuales se muestran en el Tabla 30.

**Tabla 30**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

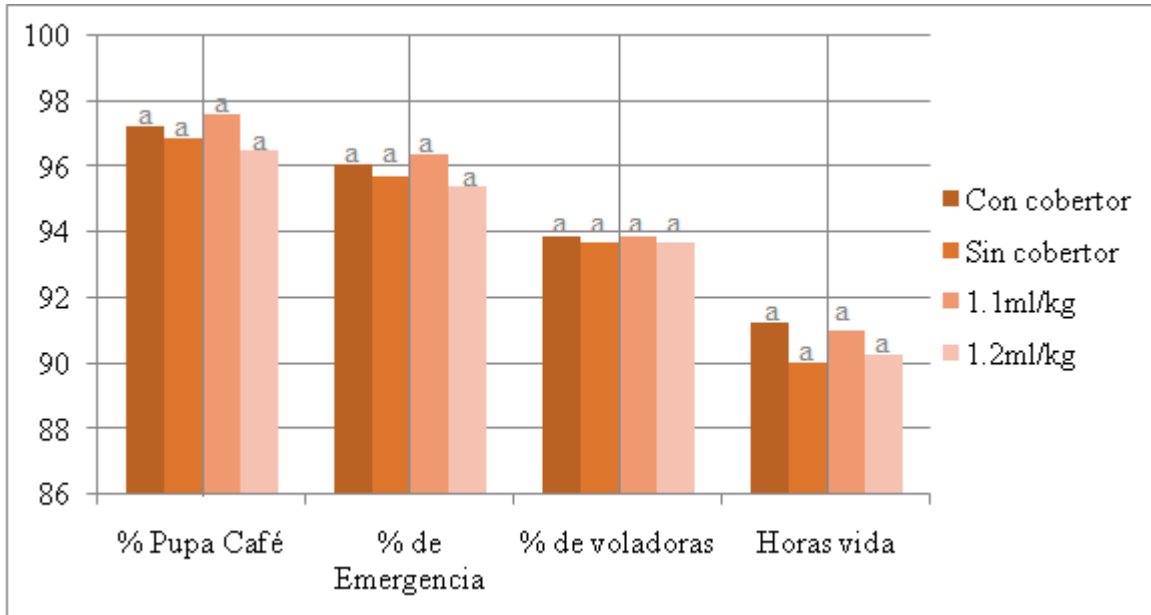
Tratamiento	% Pupa	Peso (mg) café	Pupas por litro	% Emergencia	% voladoras	Horas vida
Cobertor	97.25	9.006 <sub>a</sub>	54300	96.1 <sub>a</sub>	93.9 <sub>a</sub>	91.2 <sub>a</sub>
Sin cobertor	96.86	8.992 <sub>a</sub>	53950	95.7 <sub>a</sub>	93.7 <sub>a</sub>	90.1 <sub>a</sub>
1.1 ml/kg	97.62	9.02 <sub>a</sub>	54000	96.4 <sub>a</sub>	93.9 <sub>a</sub>	91.0 <sub>a</sub>
1.2 ml/kg	96.50	8.98 <sub>a</sub>	54250	95.4 <sub>a</sub>	93.7 <sub>a</sub>	90.3 <sub>a</sub>

*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas (p > 0.05).

No existe diferencia de calidad entre los tratamientos evaluados, ver Figura 31. Pero las variables peso de pupa (mg), emergencia (%), voladoras (%) y longevidad (h de vida) obtuvo resultados por encima del requerido por la IAEA (2019).

**Figura 31**

*Contrastes ortogonales: Calidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

### 3.9.3.3 Análisis de varianza

En base a la recuperación de pupa, L de pupa por kg de dieta, se hizo análisis de varianza, como se muestra en el Tabla 31, en el cual se encontró diferencia estadística en el uso de cobertor ( $p < 0.01$ ) y en la densidad de siembra ( $p < 0.001$ ).

Para determinar que tratamientos de doble vía tienen la diferencia estadística se utilizó la prueba de Tukey, ver Figura 32.



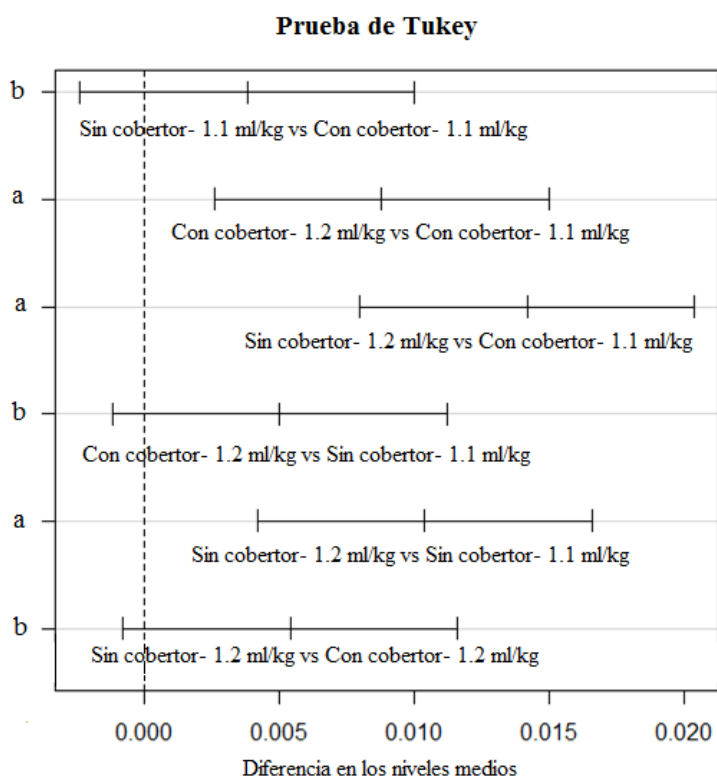
**Tabla 31**

*Análisis de varianza: Recuperación de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo.*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	0.0001058	0.0001058	9.407	0.00698	3.239
Densidad	1	0.0004608	0.0004608	40.971	6.58X10 <sup>-6</sup>	3.239
Residuos	17	0.0001912	0.0000112			
Total	19	0.0007578				

**Figura 32**

*Prueba de Tukey. Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo*



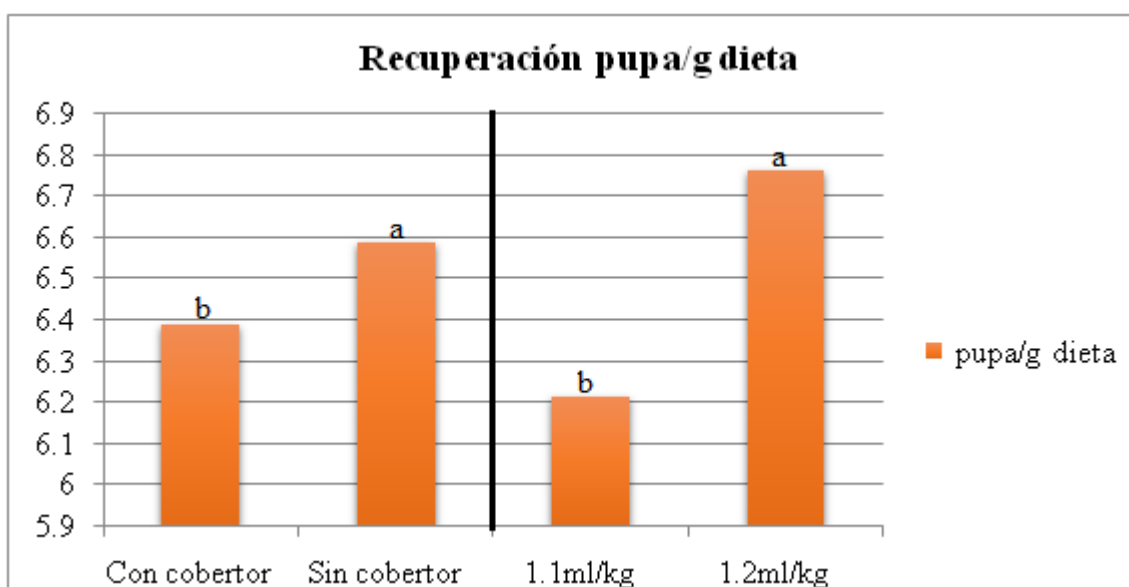


Nota: n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para las pruebas relacionadas al rendimiento, pupa/g de dieta, para la densidad de siembra se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ), al igual que con el uso de cobertor ( $p < 0.01$ ) (ver Figura 33; ver Anexo 32 y 33).

### Figura 33

Contrastes ortogonales: Recuperación pupa/g de dieta vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo

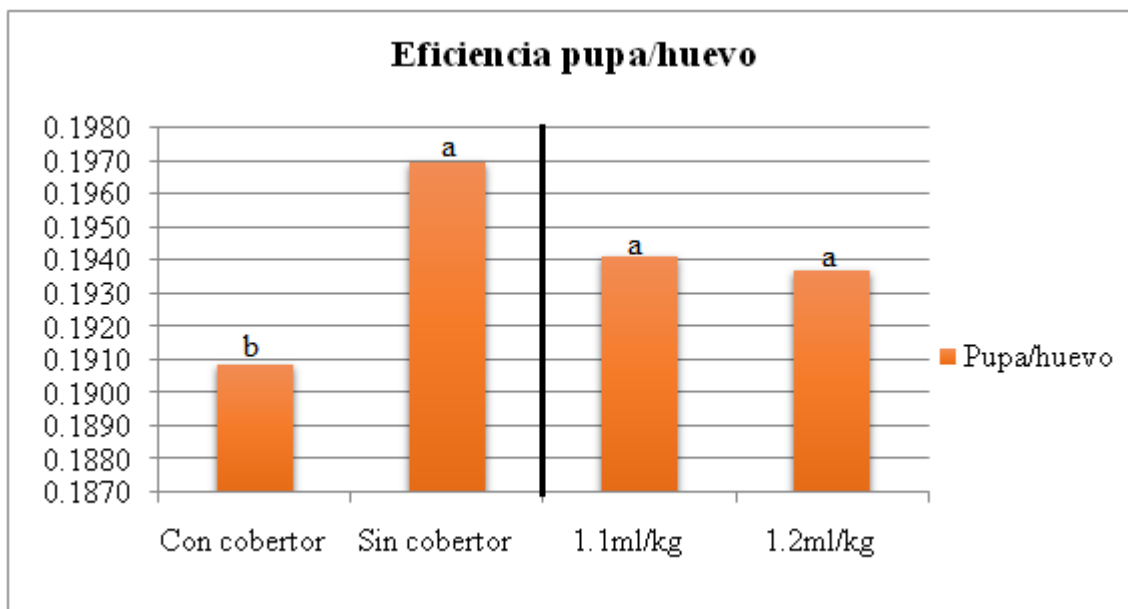


Nota: Cantidad de pupa obtenida por g de dieta; n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

Para la recuperación de pupa/huevo se encontraron diferencias significativas debidas al uso de cobertor ( $p < 0.01$ ) (ver Figura 34), se mostró que existe un incremento en la cantidad de pupa obtenida por huevo sembrado, lo que resulta efectivo si se desean bajar las densidades de siembra.

**Figura 34**

*Contrastes ortogonales: Eficiencia pupa/huevo vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*



*Nota:* Cantidad de pupa obtenida por cada huevo sembrado; n = 20; La misma letra denota que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

En las pruebas de calidad las variables evaluadas fueron peso de pupa (mg), emergencia (%), voladoras (%) y horas de vida, se evaluó sin obtener diferencia estadística entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ) (ver Figura 31; ver anexos 34, 35, 36 y 37).

### 3.9.3.4 Problemas de fermentación, de hongos u otros patógenos

No se registró presencia de hongos, patógenos o fermentación en la dieta en ninguno de los tratamientos evaluados (escala en Figura 20).

### 3.9.3.5 Análisis económico

El rendimiento mayor lo obtuvo el manejo sin cobertor con 3.76 % mayor lo que reduce la cantidad de dieta a utilizar para alcanzar sus metas, ver Tabla 32.



**Tabla 32**

*Costo y beneficio en manejo de cobertores vs dieta larval*

Uso de cobertor	tm dieta/día	Costo	Costo anual	Beneficio
Si	15	\$7,500	\$2,737,500	--
No	14.46	\$7,230	\$2,638,950	\$98,550

Mientras que la recuperación pupa incremento 7.7 % con la densidad de siembra en la que se aplican 8.33 % más ml de huevo. Por lo que sería viable trabajar con 1.2 ml huevo/kg de dieta, en estas condiciones.



### 3.10 Conclusiones

Utilizar 65 % o 63 % de líquidos no produce diferencia en cuanto al rendimiento (recuperación de pupa) o presencia de fermentación u hongos en la dieta. En cuanto a calidad la única diferencia fue en las horas de vida (85 h, el 50 % de la población) siendo esta aun mayor a las requeridas por IAEA (2019). Incrementar la cantidad de líquidos solo provocaría beneficio económico.

A pH 3.5 en la dieta larval se produjo 9.9 L de pupa más por tm de dieta. Crearía beneficio económico de \$191,000, al utilizar menos dieta (respecto al pH 3.7). Con presencia de hongos (dieta larval con pH 3.5). Y sin diferencia significativa entre las variables de calidad evaluadas.

El uso de cobertor durante tiempo prolongado (3 días) o hasta alcanzar 30 °C, provoca la reducción en la recuperación pupa, 4.6 L menos por tm de dieta larval. Por lo que se debe mejorar el manejo o retirar esta práctica en la cría masiva de insectos estériles de *C. capitata* W.

A mayor densidad de siembra de huevo el rendimiento es significativamente más al no utilizar cobertor en el manejo ( $p < 0.001$ ), y utilizando 63 % de líquidos en la dieta larval ( $p < 0.05$ ). Pero incrementar la densidad solo sería rentable cuando no se usa cobertor, en el manejo. La calidad tiene diferencia únicamente en las horas de vida trabajando a diferentes porcentajes de líquidos.



### 3.11 Recomendaciones

Se recomienda realizar pruebas a mediana escala (y luego a gran escala) incrementando los líquidos en la dieta, primero en 63 % y luego a 65 %. Para reducir significativamente el costo en la elaboración de dieta larval.

Encontrar el punto de inflexión en la optimización al incrementar los líquidos (%) en la dieta larval.

Investigar el uso de cobertor retirándolo a diferentes periodos de tiempo (6 h, 12 h, 18 h, 24 h, 36 h) debido a que la evaluación realizada en esta investigación se centró si utilizarlo o no, pero se debe evaluar si lo que se necesita es cambiar el manejo o tiempo de uso.

Evaluar más densidades de siembra de huevo de *C. capitata* W. en pruebas de una vía, ya que la eficiencia pupa/ huevo obtenidas nos ha dado indicios de que se puede incrementar la cantidad de pupa obtenida, lo que permitirá bajar aún más la densidad de siembra.

Investigar el efecto del porcentaje de eclosión en el rendimiento, al momento de sembrar en la dieta larval.



### 3.12 Referencias

- Aluja Schuneman, M. (1993). *Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta*. México: Ed. Trillas.
- CABI. (2002). *Crop Protection Compendium Global Module CD-Room*. Wallingford, UK.: CAB International, 2nd edition.
- Contreras Dávila, S. C., & Fuentes, S. (2017). El Agro en Cifras 2016. *Planeamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación*, 27- 45.
- Copeland, S., Wharton, R. A., Luke, Q., & Meyer, M. (2002). Indigenous Hosts of *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae). *Annals of Entomological Society of America* (págs. 672 – 694.). Kenya: Entomological Society of America.
- Corado, M. (2016). *Caracterización climática de la Planta El Pino Moscamed*. Guatemala: MOSCAMED.
- De Meyer, M., Copeland, R., Wharton, R., & McPheron, B. (2002). On the geographic origin of the medfly. *6th international fruit fly symposium*. (págs. 45-53). Stellenbosch, South Africa. : international fruit fly symposium.
- Enkerlin, W. (2005). Impact of fruit fly control programmes using the sterile insect technique. En V. Dyck, J. Hendrichs, & A. Robinson, *Sterile Insect Technique. Principles and practice in area-wide integrated pest management.* (págs. practice in area-wide integrated pest management.). Dordrecht, Netherlands: Springer pp. 651-676.
- Franqui Rivera, R. A. (2003). *Mosca del Mediterráneo (Ceratitis capitata Wiedemann)*. Puerto Rico: Departamento Cultivos y Ciencias Agroambientales, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.
- Google Maps. (2021). *Google*. Obtenido de [google.com.gt/maps: https://www.google.com.gt/maps/place/Laguna+El+Pino/@14.3395015,-90.4159033,2626m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8589b3a282d6b247:0xffb8b236c761a439!8m2!3d14.3425023!4d-90.3924947](https://www.google.com.gt/maps/place/Laguna+El+Pino/@14.3395015,-90.4159033,2626m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8589b3a282d6b247:0xffb8b236c761a439!8m2!3d14.3425023!4d-90.3924947)
- Gutiérrez R., J. M., Martínez, G. S., Villaseñor C., A., Enkerlin H., W., & Hernández L., F. (2013). *Los Programas de Mosca de la Fruta en México, Su historia Reciente*. México D.F.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Gutiérrez Samperio, J. (1976). *La mosca del Mediterráneo, Ceratitis capitata (Wiedeman) y los factores ecológicos que favorecerían su establecimiento y propagación en México*. México, D.F.: Dirección General de Sanidad Vegetal. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Talleres gráficos de la nación.



Instituto Colombiano Agropecuario. (19 de 09 de 2017). <https://www.ica.gov.co/>. Obtenido de Programa de radio ICA Comunica,; [https://www.ica.gov.co/periodico-virtual/prensa/2013-\(2\)/informe-especial-mosca-del-mediterraneo](https://www.ica.gov.co/periodico-virtual/prensa/2013-(2)/informe-especial-mosca-del-mediterraneo)

Instituto Nacional de Estadística. (2013). *ine.gob.gt*. Obtenido de Caracterización departamental Santa Rosa: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2013/12/09/7jKGXujJT7W3rr61kxeJeloYrhgoEEFQ.pdf>

International Atomic Energy Agency. (2019). *Product quality control for sterile mass-reared and released tephritid fruit flies, version 6.0*. Vienna: FAO/IAEA/USDA.

Knipling, E. (1955). Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economic Entomology* , 459-462.

Liedo, P., Enkerlin, W., & Hendrichs, J. (2010). Fundamentos de la Técnica del Insecto Estéril. En M. P., J. Toledo, & E. Hernandez, *Mosca de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo* (págs. 243-255). Mexico D.F.: S y G Editores.

Liquido, N. J., Shinoda, L., & Cunningham, R. J. (1991). Host plants of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, to the volatile constituents of nectarines. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63 , 13- 26.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2016). Guatemala, ejemplo en control de la mosca del mediterraneo. *Taller regional de armonización de los métodos de control del programa de la Mosca del Mediterráneo (MOSCAMED)*. (págs. 8-9). Guatemala: MAGA.

Pérez, R. (2015). *Reproduccion del macho estéril de la mosca del Mediterraneo*. Guatemala: Moscamed.

Pérez, R. (22 de abril de 2021). Sobre La Planta el Pino. (J. Roldán, Entrevistador)

Por el que se establece la Comisión Moscamed México Guatemala para proteger las cosechas de los daños causados por la mosca del Mediterráneo., Decreto 21-76 (Congreso de Guatemala 1976).

Programa MOSCAMED. (2017). *Documento DS-PD-008*. Guatemala: Programa MOSCAMED.

Programa MOSCAMED. (2010). *moscamed-guatemala*. Obtenido de SADER, USDA, MAGA: moscamed-guatemala

Quijada Jacinto, K. S. (2018). *Provee asistencia técnica y materiales biológicos a países que combaten esta plaga*. Jutiapa: Universidad Rafael Landívar.



- Rigamonti, I. (2004). Contributions to the knowledge of *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) in Northern Italy: I. Observations on the biology. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 36, 89-100.
- Salcedo-Baca, D., Lomelí-Flores, J., & Terrazas-González, G. (2009). *Evaluación económica del Programa Moscamed en México (1978 -2008)*. Mexico D.F.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Schwarz, A., Liedo, J., & Hendricks, J. (1989). "Current Program in México". En A. Robinson, & G. Hooper, *World Crop Pests: Fruit Flies, their Biology, Natural Enemies and Control*.(págs. 375-385). Mexico D.F: Elsevier vol, 3B.
- SEGEPLAN. (2011). *Planes de Desarrollo Departamental: Santa Rosa*. Guatemala: Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia.
- Siebert, J., & Cooper, T. (1995). If medfly infestation triggered a trade ban: Embargo on California produce would cause revenue, job loss. *California Agriculture*, 49 , 7-12.
- Trujillo, A. J., & Gutiérrez R., J. (2011). Aplicación de la irradiación gamma en el control de moscas de la fruta en México. *Contacto Nuclear No 59* , 33-37.
- Vera, M., Rodriguez, R., Segura, D., Cladera, J., & Sutherst, R. (2002). Potential Geographical Distribution of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with Emphasis on Argentina and Australia. *Environmental Entomology* , 200231:1009-1022.
- Weems, H. V. (1981). *Mediterranean fruit fly, Ceratitis capitata (Wiedemann) (Diptera; Tephritidae)*. Florida: Fla. Dept.Agric.andConsumerServ., Division of Plant Industry. Entomology CircularNo. 230. .

### Anexo 1

*Bandejas de 400 g y 1000 g*



### Anexo 2

*Anaqueles para el manejo inicial*



### Anexo 3

#### *Anaqueles y charolas de colecta*



*Mezcladora de dieta larval*



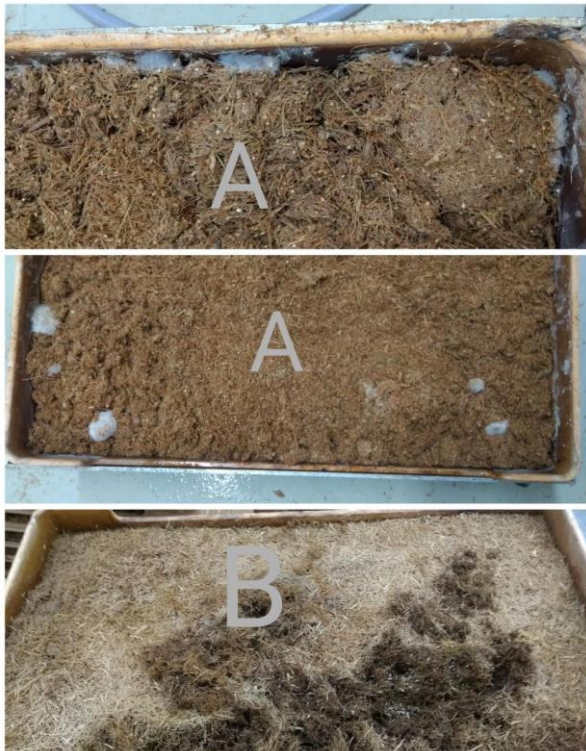
## Anexo 5

*Siembra de huevo a dieta larval*



## Anexo 6

*A: Hongo en la dieta; B: Fermentación*



*Toma de datos pH y temperatura*



**Anexo 8**

*Presencia de hongo de micelio blanco, detectado en los tratamientos, prueba pH*



## Anexo 9

### *Aplicación de dieta líquida*

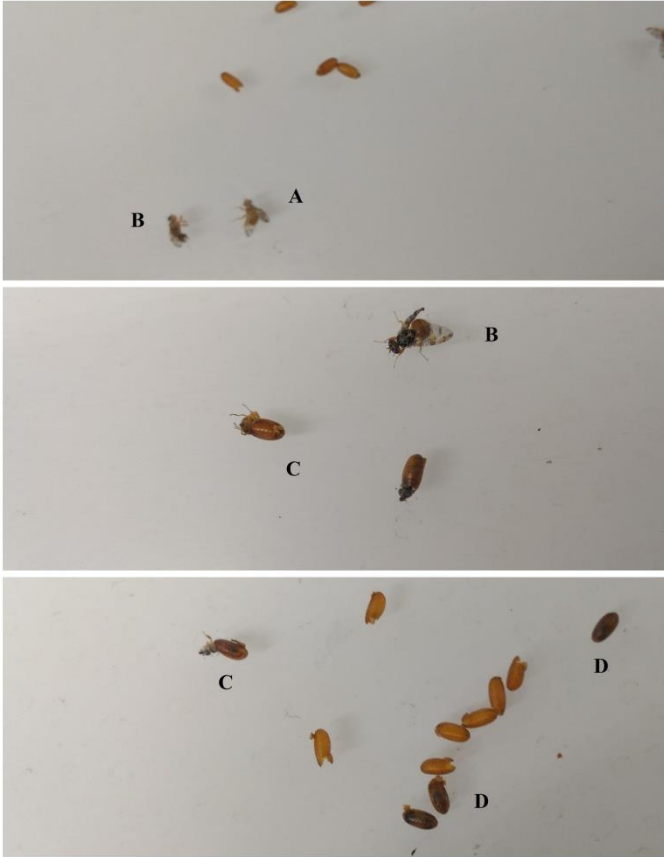


## Anexo 10

### *Tratamiento en charola de colecta*



*Conteo de % voladoras y % emergencia*

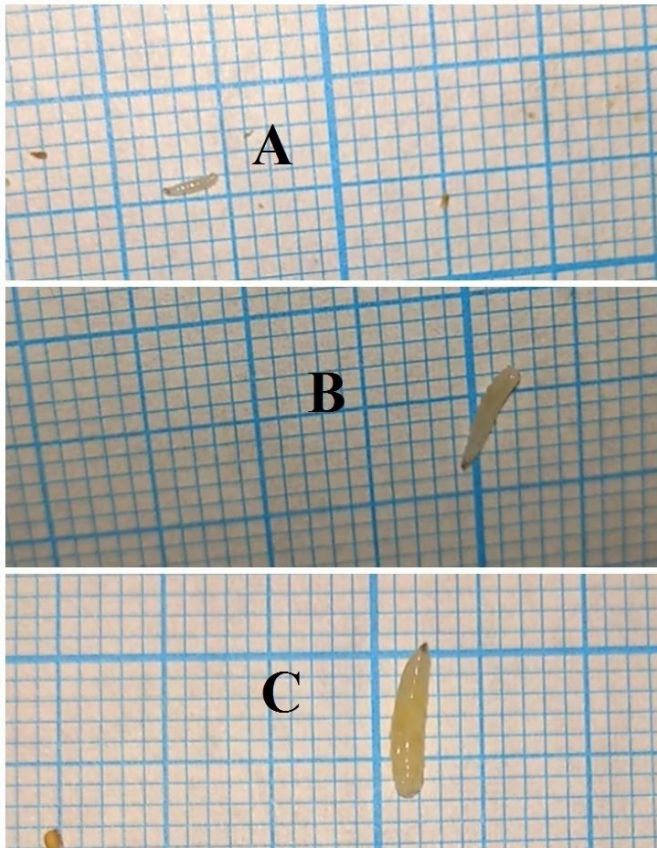


Nota: A: No voladoras; B: Deformes; C: Medio emergida; D: No emergida



## Anexo 12

*Tamaño de larva, en el manejo empleado*



Nota: A: larva lista para la segunda sala climatizada; B: Larva lista para aplicar dieta líquida y pasar a tercer sala climatizada; C: Larva lista para iniciar pupación

*Caja de plexiglass con prueba de emergencia y voladoras*



#### Anexo 14

*Tubo pvc negro, cinta de papel, prueba de emergencia y voladoras*



## Anexo 15

*Pupa en las pruebas de calidad*



## Anexo 16

*Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamiento	3	0.0004633	0.0001544	2.256	0.121	3.239
Residuos	16	0.0010952	0.0000684			
Total	19	0.0015585	5			

*Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	0.825	0.8252	2.284	0.149	0.149
Densidad	1	0.665	0.6652	1.842	0.193	0.193
Residuos	17	6.141	0.3612			
Total	19	7.631				

**Anexo 18**

*Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	0.000493	0.000493	2.327	0.146	3.239
Densidad	1	0.005709	0.005709	26.942	7.37X10-5	3.239
Residuos	17	0.003602	0.000212			
Total	19	0.009804				

## Anexo 19

*Análisis de varianza: Peso de pupa vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	0.0252	0.02521	0.241	0.63	3.239
Densidad	1	0.0328	0.0328	0.314	0.582	3.239
Residuos	17	1.7756	0.10445			
Total	19	1.8336				

## Anexo 20

*Análisis de varianza: Emergencia % vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	26.45	26.45	1.855	0.191	3.239
Densidad	1	22.05	22.05	1.546	0.231	3.239
Residuos	17	242.45	14.26			
Total	19	290.95				



## Anexo 21

*Análisis de varianza: Voladoras % vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	16.2	16.2	1.163	0.296	3.239
Densidad	1	12.8	12.8	0.919	0.351	3.239
Residuos	17	236.8	13.93			
Total	19	265.8				

## Anexo 22

*Análisis de varianza: Longevidad vs líquidos y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Líquidos	1	59.96	59.96	5.44	0.03224	3.239
Densidad	1	95.09	95.09	8.626	0.00921	3.239
Residuos	17	187.39	11.02			
Total	19	342.44				



### Anexo 23

*Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamiento	3	0.0005445	0.0001815	4.149	0.0236	3.239
Residuos	16	0.0007	0.0000437			
			5			
Total	19	0.0012445				

### Anexo 24

*Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	1.0881	1.0881	8.832	0.00855	3.239
Densidad	1	0.4375	0.4375	3.551	0.07673	3.239
Residuos	17	2.0945	0.1232			
Total	19	3.6201				



## Anexo 25

*Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	0.0009696	0.0009696	8.43	0.00989	3.239
Densidad	1	0.0003699	0.0003699	3.215	0.09076	3.239
Residuos	17	0.0019555	0.000115			
Total	19	0.003295				

## Anexo 26

*Análisis de varianza: Peso de pupa vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	0.00072	0.00072	0.041	0.842	3.239
Densidad	1	0.05	0.05	2.846	0.11	3.239
Residuos	17	0.29868	0.01757			
Total	19	0.3494				





## Anexo 27

*Análisis de varianza: Emergencia % vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Densidad	1	5	5	1.7	0.21	3.239
pH	1	0.8	0.8	0.272	0.609	3.239
Residuos	17	50	2.941			
Total	19	55.8				

## Anexo 28

*Análisis de varianza: Voladoras % vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	0.45	0.45	0.062	0.807	3.239
Densidad	1	18.05	18.05	2.474	0.134	3.239
Residuos	17	124.05	7.297			
Total	19	142.55				



## Anexo 29

*Análisis de varianza: Longevidad vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	12.32	12.325	2.745	0.116	3.239
Densidad	1	1.81	1.812	0.404	0.534	3.239
Residuos	17	76.34	4.49			
Total	19	90.47				

## Anexo 30

*Análisis de varianza: Presencia de hongos vs pH y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH	1	1.0881	1.0881	8.832	0.00855	3.239
Densidad	1	0.4375	0.4375	3.551	0.07673	3.239
Residuos	17	2.0945	0.1232			
Total	19	3.6201				



### Anexo 31

*Análisis de varianza tratamientos de doble vía: Recuperación pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamiento	3	0.0005698	0.0001899	16.16	0.0000423	3.239
Residuos	16	0.000188	0.00001175			
Total	19	0.0007578				

### Anexo 32

*Análisis de varianza: Recuperación pupa/g de dieta vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	0.2036	0.2036	5.351	0.0335	3.239
Densidad	1	1.5142	1.5142	39.795	7.86X10 <sup>-6</sup>	3.239
Residuos	17	0.6468	0.038			
Total	19	2.3646				



### Anexo 33

*Análisis de varianza: Eficiencia pupa/huevo vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	1.98X10 <sup>-4</sup>	1.98X10 <sup>-4</sup>	6.098	0.0244	3.239
Densidad	1	1.25X10 <sup>-6</sup>	1.25X10 <sup>-6</sup>	0.038	0.8469	3.239
Residuos	17	5.53X10 <sup>-4</sup>	3.25X10 <sup>-5</sup>			
Total	19	7.52X10 <sup>-4</sup>				

### Anexo 34

*Análisis de varianza: Peso de pupa vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	0.00098	0.00098	0.07	0.795	3.239
Densidad	1	0.00722	0.00722	0.514	0.483	3.239
Residuos	17	0.23858	0.01403			
Total	19	0.24678				



### Anexo 35

*Análisis de varianza: Emergencia % vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	0.8	0.8	0.252	0.622	3.239
Densidad	1	5	5	1.574	0.227	3.239
Residuos	17	54	3.176			
Total	19	59.8				

### Anexo 36

*Análisis de varianza: Voladoras % vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	0.2	0.2	0.036	0.852	3.239
Densidad	1	0.2	0.2	0.036	0.852	3.239
Residuos	17	94.8	5.576			
Total	19	95.2				



### Anexo 37

*Análisis de varianza: Longevidad vs manejo de cobertores y densidad de siembra de huevo*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Cobertor	1	6.77	6.774	0.827	0.376	3.239
Densidad	1	2.86	2.858	0.349	0.563	3.239
Residuos	17	139.26	8.192			
Total	19	148.89				