UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL
DOCUMENTO DE GRADUACIÓN

Evaluación de tres diferentes rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, con dos sistemas de alimentación, realizado en el CEAF, Retalhuleu.

Mario Alberto de León García
200440689

Asesor: Ing. Agr. Nicolás Barrios de León

Mazatenango, Agosto de 2018.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

M.Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos	Rector
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director

REPRESENTANTES DOCENTES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

Lcda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Esduardo Arriaza Jerez	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
COORDINADOR ACADÉMICO

MSc. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
COORDINADOR CARRERA DE LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Lic. Luis Carlos Muñoz López
COORDINADOR CARRERA DE LICENCIATURA EN TRABAJO SOCIAL

Lic. Mauricio Cajas Loarca
COORDINADOR DE LAS CARRERAS DE PEDAGOGÍA

M. V. Edgar Roberto del Cid Chacón
COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA AGRONOMÍA TROPICAL

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
COORDINADORA CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas
COORDINADORA CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES ABOGACÍA Y NOTARIADO

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
COORDINADOR DE ÁREA

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
COORDINADORA DE LAS CARRERAS DE PEDAGOGÍA

Lic. Heinrich Herman León
Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: *Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

MIS PADRES: Mario Joaquín de León y Miriam Esmeralda García Espinoza, por brindarme todo su amor y apoyo incondicional en mi formación académica y personal.

MIS ABUELOS: María Salome de León, Alicia Espinoza y Rogelio García, por los consejos tan necesarios en el camino de la vida.

MIS HERMANOS: Erick Fernando de León García y Esmeralda Noemí de León García por el apoyo incondicional mostrado a lo largo de nuestra vida.

MI ESPOSA: Daniela Rocío López Alvarado, con mucho amor le dedico este triunfo que también es suyo.

MIS CUÑADOS (AS): Julio Interiano y Mónica Santisteban, por ser un ejemplo a seguir en la incansable lucha de la superación.

MIS AMIGOS: Con aprecio a todos en general.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS:

Por tu infinita misericordia, por ser la fuente de salud, amor y sabiduría, infinitamente agradecido padre celestial.

MI PATRIA GUATEMALA:

País de la eterna primavera que me vio nacer.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Tricentenaria Alma Mater de la educación superior en Guatemala.

CEAF RETALHULEU:

Por el apoyo brindado en el camino profesional y académico.

MI ASESOR:

Nicolás Barrios de León por su valiosa ayuda en la etapa de EPSAT.

MIS AMIGOS:

A todos en general, especialmente al Ing. Agr. Alexis de León, Ing. Agr. José Ponciano, Ing. Agr. Oswaldo Tem, Ing. Agr. Pedro Cardona, al señor Isaías de la Cruz, por la amistad y apoyo incondicional brindado a lo largo de esta etapa.

INDICE GENERAL

CONTENIDO **PAGINA**

I. INTRODUCCION 1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
III. JUSTIFICACION 4
IV. MARCO TEORICO 5
1. Marco conceptual 5
1.1. Biología de la *Ceratitis capitata* Wiedemann 6
1.2. Taxonomía de la *Ceratitis capitata* Wiedemann 7
1.3. Ciclo biológico 7
1.4. Ecología 9
2. Marco referencial 11
2.2. Localización 12
2.3. Vías de acceso 12
2.4. Ubicación geográfica 12
2.5. Tipo de institución 13
2.6. Servicio que presta 13
2.7. Tipos de alimento que se le proporciona a la *Ceratitis capitata*…… *Wiedemann.* 13
2.8. Sistemas de empaque 15
V. OBJETIVOS 19
1. General 19
2. Específicos 19
VI. HIPOTESIS 20
VII. MATERIALES Y METODOS 21
1. Materiales 21
2. Métodos 22
2.1. Análisis estadístico 22
VIII. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS 36
IX. CONCLUSIONES 53
X. RECOMENDACIONES 55
XI. Referencias Bibliográficas 56
XII. ANEXOS 57

INDICE DE CUADROS

CUADRO **CONTENIDO** **PÁGINA**

1. Temperatura y humedad relativa para diferentes zonas de vida de *Ceratitis capitata* Wiedemann……11

2. Ingredientes de la dieta a base de agar para el sistema de empaque en cajas de la Ceratitis capitata Wiedemann……14

3. Dieta Agar para el sistema de empaque en torres de *Ceratitis capitata* Wiedemann…….……..14

4. Dieta líquida para el sistema de empaque en torres de *Ceratitis capitata* Wiedemann…….……...15

5. Tratamientos, con diferentes rangos de humedad relativa y tipos de dieta……23

6. Análisis de varianza de la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento……36

7. Comparación de medias de la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento…….....37

8. Análisis de varianza de la variable voladoras absolutas……..39

9. Comparación de medias de la variable voladoras absolutas……..40

INDICE DE FIGURAS

FIGURA **CONTENIDO** **PÁGINA**

1. Estados de la *Ceratitis capitata* Wiedemann…….....7
2. Ubicación geográfica del Centro de Empaque de Adulto Frío de Retalhuleu……...12
3. Dimensiones generales de la unidad experimental……..25
4. Dimensiones del área experimental y distribución de los tratamientos…….26
5. Torres utilizadas en la evaluación……28
6. Deshumidificadores industriales móviles en la sala “C”……...29
7. Deshumidificadores industriales móviles en la sala “B”……30
8. Tira reactiva para lectura de p.H……..31
9. Refractómetro para lectura de los grados Brix……..……32
10. Material de los seis tratamientos colectado y pesado……..33
11. Prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento……...34
12. Prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento……35
13. Montaje de la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento...35
14. Resultados de la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento…….……..…..41
15. Resultado de la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento…….…..42
16. Peso total de mosca colectada y residuos de los seis tratamientos……..…..44
17. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “A”……..……...46
18. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “B”……...46

FIGURA **CONTENIDO** **PÁGINA**

19. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “C”……..…...47

20. Comportamiento del p.H. en los tres tratamientos evaluados con dieta líquida……..…..51

21. Comportamiento de los grados Brix, en los tres tratamientos evaluados con dieta líquida……..….52

22. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa externa en las salas de emergencia……...58

23. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia “A”…….…..…59

24. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia “B”……60

25. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia “C”…….….…61

26. Equipando las unidades experimentales con el equipo de medición de temperatura y humedad relativa……..…...62

27. Unidades experimentales identificadas…….….....62

28. Pesado de pupa antes del empaque…….…….....63

29. Medición de los grados Brix…….…...63

30. Control diario del p.H. y grados Brix……..…....64

31. Colecta del material biológico *Ceratitis capitata* Wiedemann en los cuartos fríos……64

32. Mosca pegada en las cribas……..…….....……65

33. Toma de datos de p.H. y grados Brix de los tratamientos……..……65

34. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 1 y 2……..66

35. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 3 y 4……66

FIGURA **CONTENIDO** **PÁGINA**

36. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 5 y 6……..…….……67

37. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de voladoras absolutas……..……67

38. Material colectado para la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento……68

SUMMARY

The present research work was carried out in the Packaging Center of Sterile Mediterranean Fly Insect *Ceratitis capitata* Wiedemann, MOSCAMED Commission.

The general objective of this evaluation was the evaluation of three ranges of relative humidity and its effect on quality (Flying ability and Flying absolute), of the Mediterranean fly *C. capitata* Wiedemann, in the system of packing in low towers, considering two feeding systems.

The research was established, whit an experimental design completely randomized with arrangement in divided plots, establishing six treatments and five repetitions, these treatments correspond to the combination of the factors that were evaluated, being three Relative Humidity ranges (60 - 70, 71 - 80, 81 - 90) and two types of diet (liquid and agar).

The results obtained in the two quality control tests that were Post-Cooling Flight Skills and Post-Air Absolute Flyers cooling, which showed that the relative humidity ranges in the Emergency rooms affect the quality of the sterile insect. The range of 71 - 80%, was the one that obtained the best results based on the Flight Skill test post-cooling, overcoming in 23.1% the minimum acceptable and the range of 60 - 70%, was the one that obtained the best result with the test of absolute post-cooling flyers, overcoming in 20.2% the minimum acceptable.

Because there was a significant difference in the analysis of variance, proceeded to perform a Tukey mean comparison test at 5% of significance, doing this for post-cooling flight skill test and post-cooling flight fliers, with which the alternative hypothesis was accepted, what it said at least in a range of relative humidity evaluated has a different effect over the variable of response about quality of *Ceratitis capitata* Wiedemann.

The economic criterion was taken to choose the range of 71 - 80% as the ideal, since to maintain this range it uses less electricity than to maintain the range of 60 - 70%.

Thus it take the economic criteria to choose the range of 71 – 80 % as ideal, to maintain the consumption of electric energy in a less proportion than the range of 60 – 70 % due to the machines work less time. The consumption of liquid diet food in room "B" (71 - 80%) is 128 ml, being superior in 29 ml and 40 ml with respect to rooms "A" (81 - 90%) and room "C" (60 - 70%).

It is recommended, with respect to information prior to the MOSCAMED Program, to manage emergency rooms with a percentage of relative humidity of 71 - 80% with food in liquid form.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro de Empaque de Insecto Estéril de Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann, Comisión Moscamed.

Dicha evaluación tuvo como objetivo general la evaluación de tres rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad (Habilidad de vuelo y Voladoras absolutas), de la mosca del mediterráneo *C. capitata* Wiedemann, en el sistema de empaque en torres bajo dos sistemas de alimentación.

La investigación se estableció con un diseño experimental completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, estableciéndose seis tratamientos y cinco repeticiones, dichos tratamientos corresponden a la combinación de los factores que se evaluaron, siendo tres rangos de humedad relativa (60 – 70; 71 – 80; 81 - 90) y dos tipos de dieta (líquida y agar).

Los resultados obtenidos en las dos pruebas de control de calidad que fueron Habilidad de vuelo post-enfriamiento y Voladoras absolutas post-enfriamiento, las cuales demostraron que los rangos de humedad relativa en las salas de emergencia afecta la calidad del insecto estéril. El rango de 71 – 80 %, fue el que mejores resultados obtuvo con base a la prueba de Habilidad de vuelo post-enfriamiento, superando en 23.1 % el mínimo aceptable y por otro lado, el rango de 60 – 70 %, fue el que mejores resultados obtuvo con la prueba de Voladoras absolutas post-enfriamiento, superando en 20.2 % en mínimo aceptable.

Debido a que si hubo diferencia significativa en los análisis de varianza se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de significancia, haciendo esto para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento y voladoras de vuelo post-enfriamiento, con lo cual se aceptó la hipótesis alternativa que dice al menos un rango de humedad relativa evaluado tendrá diferente efecto sobre la variable de respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Por lo tanto se tomó el criterio económico para elegir el rango de 71 – 80 % como el ideal, ya que para mantener este rango, el consumo de energía eléctrica es menor que para mantener el rango de 60 – 70 %, debido a que los equipos trabajan menos tiempo.

El consumo de alimento de dieta líquida en la sala “B” (71 – 80 %) es de 128 ml siendo superior en 29 y 40 ml con respecto a las salas “A” (81 – 90 %) y sala “C” (60 – 70%).

Por lo tanto con respecto a la información anterior se recomienda al Programa Moscamed manejar las salas de emergencia con un porcentaje de humedad relativa de 71 – 80 % con alimento en forma líquida.

I. INTRODUCCION

Esta investigación, se realizó en el Centro de Empaque de Adulto Frio de Retalhuleu, en la cual se evaluaron los parámetros de calidad de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata Wiedemann,* bajo diferentes niveles de humedad relativa y diferentes sistemas de alimentación.

Con el paso del tiempo y el avance tecnológico, el Programa Moscamed ha ido implementando nuevas técnicas, entre estas se encuentra la de un sistema diferente de empaque, el que ha sido utilizado por años, en el cual el insecto es empacado en cajas Parc, este nuevo sistema de empaque se realiza en torres de aluminio donde la pupa va empacada en contenedores denominados cribas. Dicho sistema utiliza dieta en dos modalidades una en forma de agar y otra en forma líquida.

Este estudio se realizó para determinar cuál es el rango de humedad relativa adecuado para este sistema de empaque, también se pretendió mejorar la calidad y reducir la perdida de insecto estéril en la colecta, para esto se realizaron pruebas con tres diferentes rangos de humedad relativa.

Para evaluar los diferentes rangos de humedad relativa se utilizó un módulo el cual está dividido en tres salas, las cuales fueron manejadas con diferentes rangos de humedad, en cada sala se evaluaron cinco torres con dieta líquida y cinco torres con dieta agar.

El diseño estadístico que se utilizó fue completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas, el cual se escogió porque es el que más se adapta a esta investigación ya que las condiciones fueron homogéneas, tanto de temperatura como de humedad en cada sala de emergencia.

Se determinó que el mejor rango de humedad relativa fue el de 71 – 80 %, basándose en las pruebas de control de calidad, en donde se observa que si hubo una diferencia en los tres rangos de humedad relativa evaluados.

Los tratamientos tres y cuatro fueron los que se encontraban sometidos bajo la humedad relativa antes mencionada, el tratamiento tres fue alimentado con dieta líquida y el tratamiento cuatro fue alimentado con dieta agar, sin embargo se demostró que con relación al tipo de alimento no existe una diferencia significativa.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el Centro de Empaque de Adulto Frio de Retalhuleu se viene presentando un problema con la humedad relativa en los módulos de emergencia, el cual deriva de que cuando el Programa Moscamed empezó sus actividades ya hace varios años, el sistema de empaque inicial fue el de cajas parc, al que se le hicieron pruebas para determinar la temperatura y humedad relativa adecuada, en ese momento se estableció que la temperatura idónea era de 23 ± 1°C y 65 ± 5% de humedad relativa.

A la fecha se manejan dos tipos de empaque, en cajas parc y el empaque en torres, cada sistema de empaque por sus características necesita un tipo de alimentación diferente refiriéndose a la consistencia y algunos ingredientes de la dieta, para el empaque en cajas parc la dieta contiene agar (4.91%), benzoato de sodio, azúcar y agua; para la dieta que se le proporciona a los insectos que han sido empacados en torres hay dos tipos, la primera es una dieta muy similar a la que se utiliza en el sistema de empaque en cajas con la diferencia que lleva menos agar (1.03%), (dieta modificada), lo cual hace que la dieta sea menos sólida y el otro tipo de dieta es la líquida que no contiene agar.

El problema que se viene suscitando es que el sistema de empaque en torres se maneja en el rango de humedad 65 ± 5%, el cual se estableció para el sistema de empaque en cajas parc; pero se ha observado por parte del personal encargado de monitorear el comportamiento de las condiciones climáticas y el desarrollo del insecto en las salas de emergencia, que la dieta de agar modificada y más aún la dieta líquida sufre un efecto de evaporación el cual provoca que los azucares se concentren, lo que conlleva a que los insectos se adhieran a la malla de las cribas, lo cual viene a repercutir al momento de la colecta ya que la cantidad de libras de mosca recuperada se mantiene por debajo de los estándares obtenidos con el sistema de empaque en cajas Parc.

III. JUSTIFICACION

La importancia de esta investigación se basó en encontrar y establecer cuál es el rango de humedad relativa adecuado para el sistema de empaque en torres en el Programa Moscamed ya que existe un manual pero en éste no se tiene aún ese dato debido a que es un sistema nuevo y no se han realizado pruebas.

Fue muy importante llegar a establecer este rango de humedad relativa debido a que este problema afecta de forma directa la eficiencia de la Técnica del Adulto Frio, (TAF).

Dentro de los problemas que se presentan a diario puede mencionarse la reducción en la cantidad de libras colectadas, implica mayor inversión de personal y tiempo por la adhesión del insecto a la malla, debido a la concentración de azucares.

Dicho problema se traduce en menor cantidad de insecto estéril en el campo, así como insecto de menor calidad, esto basándose en las pruebas de habilidad de vuelo y voladoras absolutas que se le realizan diariamente al material colectado.

Actualmente el Programa Moscamed enfrenta problemas financieros por lo que es muy importante ser eficiente con la menor cantidad de recursos, he aquí la importancia de esta investigación. Además de establecer estos parámetros como parte de la actualización que el Programa Moscamed realiza año con año en todas sus actividades.

IV. MARCO TEORICO

1. Marco conceptual

En Guatemala, el Programa MOSCAMED es la institución oficial encargada del control y erradicación de la mosca del Mediterráneo de su territorio y sus actividades de trabajo se orientan a detectar la presencia de la plaga y suprimir con una integración de controles los brotes o detecciones en las áreas de influencia, concentrándose en cuatro áreas de trabajo: Área Libre, Área de Baja Prevalencia, Área de Supresión y Área de Monitoreo. Según el Programa Moscamed (2016).

Según el Programa Moscamed (2016), describe que la Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann es una de las plagas más destructivas que existen en el mundo, tiene una gran capacidad para reproducirse y es capaz de acabar con plantaciones enteras de frutales. Suelen infestar frutas con o sin valor comercial, pero luego migran hacia plantaciones en gran escala y depositan sus huevos en los frutos maduros de cascara blanda. A veces se detecta hasta que la fruta ha sido comercializada y para entonces, la larva o gusano se ha desarrollado. Uno de los grandes problemas es que la larva, puede ser transportada de un lugar a otro a través de fruta infestada y luego emerger como mosca adulto e infestar los cultivos.

Según el Programa Moscamed (2016), la ubicación de la plaga se realiza por medio de trampas con atrayentes alimenticios y sexuales que capturan especímenes en estado adulto por muestreo de frutos hospedantes para la detección de estados inmaduros como larva. El control de la mosca del Mediterráneo el Programa MOSCAMED utiliza un manejo integrado de la plaga: el control por aspersiones de un producto de origen natural aprobado para su uso en la agricultura orgánica, el control mecánico, el control AUTOCIDA o liberación de insecto estéril y el control legal o puestos de cuarentena interna.

El Programa MOSCAMED continuará contribuyendo a propiciar el desarrollo rural del país, protegiendo la producción de frutas en las áreas de acción del daño que ocasiona la plaga y manteniendo las áreas libres en Guatemala, lo cual permitirá que el comercio de productos hortofrutícolas de exportación estén libres de restricciones cuarentenarias por la infestación de la mosca del Mediterráneo y a su vez fortalecer la economía guatemalteca con nuevas oportunidades para el desarrollo de la hortofruticultura, generando empleo, aumentando los ingresos y beneficiando a miles de familias en el área rural. Según el Programa Moscamed (2016).

1.1. Biología de la *Ceratitis capitata* Wiedemann

Según el Programa Moscamed (2016). La *Ceratitis capitata Wiedemann* es considerada como una de las plagas más destructivas del mundo, dependiendo de la ecología del lugar puede causar fuertes pérdidas en la producción de frutas y hortalizas.

Esta plaga tiene una gran facilidad de adaptación y soporta condiciones climáticas sumamente variables, que por lo general no resisten otras especies de moscas de la fruta. Se le reportan alrededor de 418 hospedantes diferentes a nivel mundial. Según el Programa Moscamed (2016).

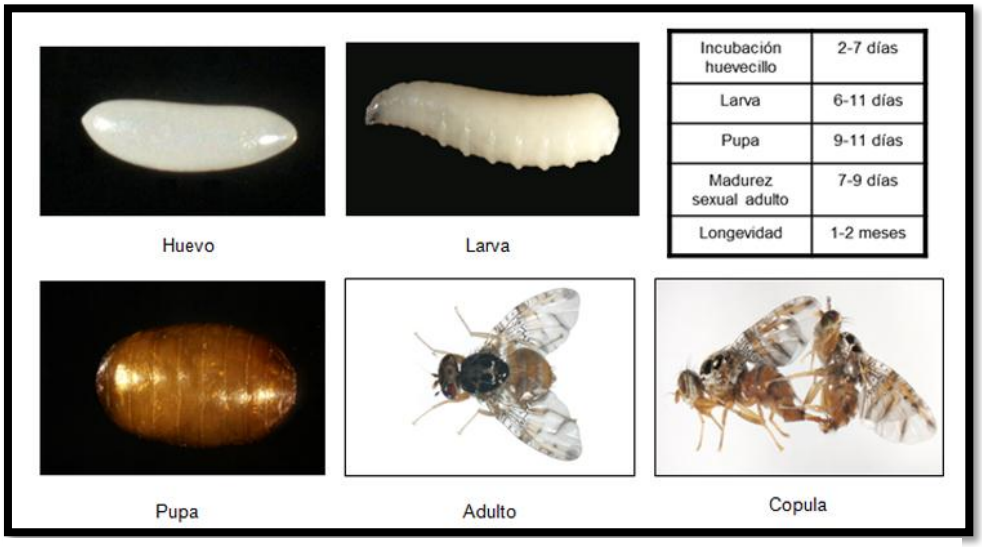
Se encuentra ampliamente difundida en América y es una especie polífaga, sin embargo, parece encontrarse mucho mejor establecida en zonas de bosque tropical húmedo y donde se cultiva el café, ha sido reportada en zonas cercanas al mar y a altitudes mayores a los 2400 msnm y en algunas regiones tiene marcada preferencia por ciertos hospedantes. Según el Programa Moscamed (2016).

1.2. Taxonomía de la *Ceratitis capitata* Wiedemann

- Reino: Animalia
- Filo: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Diptera
- Suborden: Brachycera
- Familia: Tephritidae
- Género: Ceratitis
- Subgénero: Ceratitis
- Especie: C. capitata (Wiedemann, 1824)

1.3. Ciclo biológico

El ciclo de la *Ceratitis capitata* Wiedemann, durante su ciclo de vida se presenta en la figura uno.



Incubación huevecillo	2-7 días
Larva	6-11 días
Pupa	9-11 días
Madurez sexual adulto	7-9 días
Longevidad	1-2 meses

Figura 1. Estados de la *Ceratitis capitata Wiedemann.*
Fuente: Programa Moscamed (2016).

1.3.1. Huevo:

Es de color blanco, de forma alargado y cónico con micrópilo corto, mide 1 mm x 0.2 mm; el período de incubación es de 2 a 7 días en verano y de 20 a 30 días en invierno. En Guatemala se han reportado períodos de 2 a 3 días.

1.3.2. Larva:

En estado de larva pasa por tres periodos larvales que en ocasiones también se les llama 1°, 2° a 3° instar, completando sus tres periodos de 6 a 11 días en condiciones de temperatura de 24 a 26°C; el hospedante también influye en el período de duración del estado larval.

1.3.3. Pupa:

Es de color café y en forma cilíndrica, en forma de barril. El tamaño de la pupa es de 3 a 10 mm x 1.25 a 3.25 mm. El período pupal es de 9 a 11 días a 24.4° C.

1.3.4. Mosca adulta:

En estado adulto, su tamaño es algo menor que la mosca doméstica (4-5 mm de longitud) y vivamente coloreada (amarillo, blanco y negro). El tórax es gris con manchas negras y setas largas. El abdomen presenta franjas amarillas y grises. Las patas son amarillentas, las alas son irisadas, con varias bandas grisáceas, amarillas y negras.

1.3.5. Mosca adulta hembra:

Alcanza su madurez sexual entre los 4 y 5 días, iniciando la ovipostura entre los siete y nueve días después de la emergencia con temperatura entre los 24º a 27° C. Generalmente pone de cuatro a diez huevecillos por ovipostura hasta 20 huevecillos al día, durante toda su vida, el promedio es de 300 huevecillos, pero bajo condiciones óptimas puede poner hasta 800.

1.3.6. Mosca adulta macho:

Bajo las mismas condiciones maduran sexualmente a los tres ó cuatro días y su característica principal es la formación del “Lek” para atraer a las hembras para copular. Se caracteriza por tener las setas orbitales superiores modificadas en forma de rombo, lo que lo diferencia de la hembra.

1.4. Ecología

Como todo organismo, la mosca del Mediterráneo está sujeta a las presiones físicas y biológicas del medio ambiente en el que vive y estos factores, unidos a sus caracteres genéticos, determinan su abundancia en un área determinada.

La mosca permanece inactiva durante la noche y en períodos de lluvias moderadas o fuertes, sus movimientos de orientación en respuesta a la fructificación o maduración de hospedantes favoritos es ampliamente conocida, así como su búsqueda de sustancias alimenticias azucaradas, proteínas y vitaminas.

Se ha observado una mayor actividad y desplazamiento en días cálidos y secos o después de noches sin rocío. De aquí se infiere que un factor climático que estimula a la mosca a dispersarse es la baja humedad que la obliga a reponer el agua perdida. Programa Moscamed (2016).

Entre los factores generales que se consideran para la dispersión de los Tephritidos están:

- Cuando la fruta hospedante desaparece
- El establecimiento de condiciones estacionales más favorables
- Cuando los adultos emergen del suelo

Los factores ecológicos que más influyen en el desarrollo de la mosca del Mediterráneo en una región son:

- El Clima
- Asociaciones de hospedantes cuyos frutos maduran en forma escalonada durante todo o gran parte del año.
- Sustancias alimenticias indispensables para la fertilidad y maduración de sus huevecillos

1.4.1. Hábitat de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

La influencia de la temperatura y de la humedad relativa sobre la biología del insecto se presenta combinadamente, esta acción conjunta se ha representado para algunos insectos, entre ellos Ceratitis capitata Wiedemann., Según información del agricultor cit, al; Bodenheimer (2015), estableció y definió cuatro zonas según fuera la actividad de la mosca en cada una de ellas según la temperatura y humedad relativa, las cuales se presentan en el cuadro uno.

Cuadro 1: Temperatura y humedad relativa para diferentes zonas de vida de *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Zonas	Temperatura (ºC)	Humedad relativa (%)
Zona óptima (A)	16-32	75-85
Zona favorable (B)	10-35	60-90
Zona no favorable (C)	2-38	40-100
Zona imposible D)	2-40	40

Fuente: Infoagro (2015)

Las condiciones prolongadas de uno a tres meses en una zona clasificada como D impedirán daños apreciables en esa localidad. En zonas no favorables (C) y favorables (B) la densidad de población será relativamente baja. Las invasiones y daños se producirán cuando las condiciones persistan durante varios meses consecutivos, dentro de los límites de las clasificadas como zonas óptimas (A) o favorables (B), Según información del agricultor cit, al; Bodenheimer (2015).

2. Marco referencial

2.1. Nombre de la unidad de investigación

Centro de Empaque de Insecto Estéril de Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann, Comisión Moscamed.

2.2. Localización

El centro de empaque se encuentra localizado a 186 kilómetros de la ciudad capital, en calzada Las Palmas, zona 6, Retalhuleu, Guatemala.

2.3. Vías de acceso

La principal vía de acceso es por medio de la carretera asfaltada (Calzada Las Palmas) que conduce a la ciudad de Retalhuleu.

2.4. Ubicación geográfica

Según Hernández M. (2007), este se sitúa a una altura de 200 metros sobre el nivel del mar (msnm), con respecto al meridiano de Greenwich se localiza en las coordenadas geográficas Latitud Norte 14º 32` 30`` y longitud Oeste 91º 40`16``, como se observa en la figura dos.

Figura 2. Ubicación geográfica del Centro de Empaque de Adulto Frío de Retalhuleu

2.5. Tipo de institución

El Centro de Empaque de Adulto Frío (C.E.A.F.), pertenece a la Comisión Moscamed, siendo este una Institución de Cooperación tripartita para la erradicación de la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann, entre los países de Estados Unidos, México y Guatemala.

2.6. Servicio que presta

Fuentes de trabajo.
Charlas a personas de comunidades como apoyo a las actividades de divulgación.
Cursos internacionales de capacitación sobre las diferentes moscas de la fruta.
Recepción y procesamiento de pupa irradiada para liberar machos estériles.
Liberación de machos estériles de C*eratitis capitata Wiedemann*.

2.7. Tipos de alimento que se le proporciona a la *Ceratitis capitata Wiedemann.*

Dieta de agar:

Según MOSCAMED (2015), esta dieta fue puesta a prueba en el año 2000, empacando en cajas Parc, se sustituye la bolsa por la tecnica de “adulto frio” en la cual se colocan 6 bolsas de papel craft dentro de una caja Parc y se coloca la dieta agar en un cuadro de cedazo colocado en la parte central de la tapadera, la diferencia de este tipo de empaque a el empaque en bolsas, es la forma de liberacion, ya que aquí solo se liberan machos adultos con un alto porcentaje de voladores absolutas, y los residuos de papel se depositan en un area especifica para el efecto.

En el cuadro dos se observan los ingredientes que se utilizan para la elaboracion de la dieta a base de agar para el sistema de empaque en cajas de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Cuadro 2. Ingredientes de la dieta a base de agar para el sistema de empaque en cajas de la *Ceratitis capitata Wiedemann.*

Ingredientes	Cantidades
Agua	200 litros
Agar	1.83 kg
Benzoato de sodio	21.14 g
Azucar	35.40 kg

En el cuadro tres se observan los ingredientes que se utilizan para la elaboracion de la dieta a base de agar para el sistema de empaque en torres de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Cuadro 3. Dieta Agar para el sistema de empaque en torres de *Ceratitis capitata Wiedemann.*

Ingredientes	Cantidades
Agua	200 litros
Agar	1.43 kg
Benzoato de sodio	21.14 g
Azucar	35.40 kg

Dieta liquida.

Dieta a evaluar la cual esta compuesta por agua y azúcar en proporcion de 18% de azúcar y 82% de agua a temperatura ambiente, en pruebas preliminares se han obtenido buenos resultados en aspectos de calidad del insecto esteril, principlmente en la longevidad de este.

En el cuadro cuatro se observan los ingredientes que se utilizan para la elaboracion de la dieta líquida para el sistema de empaque en torres de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Cuadro 4. Dieta líquida para el sistema de empaque en torres de *Ceratitis capitata Wiedemann.*

Ingredientes	**Cantidades**
Agua	200 litros
Benzoato de sodio	44 g
Azucar	36.04 kg

La alimentación es un punto muy importante debido a que a nivel de laboratorio el insecto tiene que alimentarse de forma adecuado con una dieta a base de azúcar, esto le permite tener buenas reservas alimenticias al momento de ser liberada en el campo.

En el Centro de Empaque de Adulto Frio se realizan pruebas de control de calidad para monitorear los parámetros de calidad del insecto, dentro de ellas está la de habilidad de vuelo la cual necesita tener valores arriba del 60 % para ser aceptable, otra prueba muy importante es la de voladoras absolutas la cual demanda valores arriba del 70 % para tener niveles aceptables.

2.8. Sistemas de empaque

2.8.1. Empaque de pupas: Sistema de empaque en cajas Parc con dieta agar.

Dentro de cada caja Parc con alimento a base de agar se colocan 45,000 pupas, distribuidas en 6 bolsas de papel kraft a 7,500

pupas cada una. Dentro de cada caja con alimento seco con cuatro tramos de papel la cantidad de pupa a colocar es de 70,000, distribuidas en 6 bolsas de papel kraft a 11,670 cada una, cuya medida está en función del tamaño de pupa. Moscamed (2015).

Las bolsas se engrapan en la parte media superior, quedando libres las partes laterales superiores de la bolsa para permitir la salida del insecto adulto al emerger, luego se procede a colocar la tapa en las cajas, colocando la porción de alimento sobre el cedazo. Moscamed (2015).

Cuando el empaque de cada caja finaliza, estas se colocan una sobre otra (en perchas o estibas de seis cajas cada una) sujetándolas con cuerdas elásticas, quedando preparadas para ingresar a las salas de emergencia. Moscamed (2015).

2.8.2. Empaque de pupas: Sistema de empaque en torres con dieta agar.

La torre está formada por 24 cribas independientes.

Una criba tiene una superficie disponible de 1.1034 m^2, para un total de 22,068 moscas emergidas. Se colocan 25,000 pupas por criba distribuidas en dos contenedores, tomando en cuenta un 85% de emergencia, se tiene una población de 21,259 moscas por criba considerando dos moscas por cm^2.

Distribución de pupa por contenedor: dentro de cada uno se colocan de forma manual 12,500 pupas con un recipiente graduado en volumen de acuerdo al peso de pupa.

El armado de torres se hace sobre una mesa diseñada para este propósito, se colocan dos contenedores con pupa los que se ensamblan en la parte superior de la criba seguidamente se coloca la parte inferior con lo que queda armado el sándwich. Se le suministra una porción de alimento a base de agar de 20x20 cm y de 1.5 de grosor.

Los sándwiches preparados con pupa son colocados en anaqueles, a los cuales se les colocan ganchos de plástico en ambos lados para presionar cada criba. Posteriormente son trasladadas a las salas de emergencia.

Cuando las torres se trasladan a las salas de emergencia estas permanecen un periodo no menor a seis días, a una temperatura constante de 23 ± 1°C y una humedad relativa de 65 ± 5 %. Las torres son colocadas en doble fila dentro de las salas de emergencia a una distancia de cinco a diez cm para proporcionar condiciones ambientales uniformes, dejando una calle de 60 cm para una mejor ventilación y circulación del aire frio. Moscamed (2015).

2.8.3. Empaque de pupas: Sistema de empaque en torres con dieta líquida.

Estas torres están equipadas con 24 estructuras elaboradas con tubos y codos de PVC (uno por criba) en las cuales se deposita la dieta. 12 tubos van en cada lado de la torre paralelamente al contenedor donde va la pupa, los tubos son de 1,5¨ de diámetro por 72 cm de largo, con una ranura longitudinal al centro en forma horizontal.

Procedimiento: Previo a introducir la criba conteniendo los contenedores con pupa en los anaqueles, se coloca una pieza de Pellium grueso de forma rectangular con dimensiones de 46 cm de largo por 15 cm de ancho y sobre este una pieza de esponja marca Scotch Brite en cada una de las cribas.

Ya introducida la criba en el anaquel, se procede a colocar un extremo de la esponja sobre la pieza de Pellium y el otro extremo dentro de la ranura del tubo.

Finalizada la operación de colocar las esponjas y el Pellium en cada criba se procede a la aplicación de la dieta, depositando en cada uno de los tubos de PVC la cantidad de 500 ml utilizando una dosificadora semiautomática. Las esponjas, funcionan como vehículo para trasladar la dieta líquida del tubo hacia la pieza de Pellium de donde las moscas emergidas se proveen de alimento.

Finalmente las torres son trasladadas a las salas de emergencia bajo condiciones controladas y permanece allí no menos de seis días antes de su colecta. Moscamed (2015).

V. OBJETIVOS

1. General

Evaluar tres rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, (Habilidad de vuelo y Voladoras Absolutas), en el sistema de empaque en torres, bajo dos tipos de alimentación, realizado en el Centro de Empaque de Adulto Frio de Retalhuleu.

2. Específicos

2.1. Determinar el efecto sobre la calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann que produce la interacción entre el porcentaje de humedad relativa y el tipo de dieta.

2.2. Determinar que rango de humedad relativa presenta la mejor calidad (Habilidad de Vuelo y Voladoras Absolutas) de insecto de *Ceratitis capitata* Wiedemann, en el sistema de empaque en torres.

2.3. Conocer el comportamiento de la dieta líquida bajo diferentes rangos de humedad relativa.

2.4. Determinar el porcentaje económico que conlleva la elaboración y manejo de los dos tipos de dieta.

VI. HIPOTESIS

Ho_1:

Los rangos de humedad relativa tendrán el mismo efecto sobre la variable respuesta parámetros de calidad (Habilidad de Vuelo y Voladoras Absolutas) de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Ha_1:

Al menos un rango de humedad relativa evaluados tendrá diferente efecto sobre la variable de respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Ho_2:

Los sistemas de alimentación evaluados, tendrán el mismo efecto sobre la variable de respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Ha_2:

Al menos un sistema de alimentación evaluado, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Ho_3: La interacción entre los rangos de humedad relativa y los sistemas de alimentación tendrán el mismo efecto sobe la variable respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Ha_3: Al menos una interacción entre los rangos de humedad relativa y los sistemas de alimentación evaluados, tendrá diferente efecto sobe la variable respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

VII. MATERIALES Y METODOS

1. Materiales

- Balanza
- Marmitas eléctricas
- Bandejas molde
- Cuchillos para cortar la dieta
- Carritos para colocar la dieta
- Torres con sus respectivas cribas
- Cajas Petri
- Pipeta
- Balanza analítica
- Pellium
- Alimento (dieta)
- Recipiente medidor
- Pupa de *Ceratitis capitata Wiedemann.*
- Azúcar
- Agar
- Agua
- Benzoato de sodio
- Deshumificadores
- HOBOware
- Programa de computación HOBOware
- Torres de aluminio
- Higrótermometro
- Módulos de emergencia
- Cinco personas del área de control de calidad más un estudiante de EPSAT.

2. Métodos

2.1. Análisis estadístico

- El diseño experimental que se utilizó, tomando en cuenta las condiciones del área, así como los factores a evaluar, corresponde a un diseño completamente al azar, con arreglo en parcelas divididas, con seis tratamientos y cinco repeticiones, dichos tratamientos corresponden a la combinación de los factores que se evaluaron en la presente investigación.

Factor A: Humedad relativa

A1 = 60 – 70 %
A2 = 71 – 80 %
A3 = 81 – 90 %

Factor B: Tipos de dieta

B1 = Dieta liquida
B2 = Dieta agar

De acuerdo con el manual de Moscamed, no hay una humedad relativa establecida para el sistema de empaque en torres, mientras que para el sistema de empaque en cajas parc recomienda una humedad relativa de 60 – 70 %.

El número de tratamientos se determinó tomando en cuenta los niveles de cada uno de los factores a evaluar, de la siguiente manera:

Numero de tratamientos: Diferentes rangos de humedad relativa ***x*** Diferentes tipos de dieta.

Número de tratamientos: 3 x 2 = 6 tratamientos

En el cuadro cinco se pueden observar cada uno de los tratamientos a evaluar, tomando en cuenta la combinación de los distintos niveles de los factores evaluados (diferentes rangos de humedad relativa **x** diferentes tipos de dieta).

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \qquad \begin{cases} i = 1,2,\ldots,a \\ j = 1,2,\ldots,r \\ k = 1,2,\ldots,b \end{cases}$$

siendo:

Y_{ijk}	=	Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental
μ	=	Media general
β_j	=	Efecto del j - ésimo bloque
αi	=	Efecto del i - ésimo nivel del factor A.
$(\alpha\beta)_{ij}$	=	Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por $error_{(a)}$
ρ_k	=	Efecto del k - ésimo nivel del factor B
$(\alpha\rho)_{ik}$	=	Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.
ε_{ijk}	=	Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: $Error_{(b)}$

Cuadro 5. Tratamientos, con diferentes rangos de humedad relativa y tipos de dieta.

Sala	Tratamiento	Diferente humedad relativa (Factor A)	Diferentes tipos de dieta (Factor B)
"C"	T1	A1 (60-70%)	B1 (Dieta líquida)
"C"	T2	A1 (60-70%)	B2 (Dieta agar)
"B"	T3	A2 (71-80%)	B1 (Dieta líquida)

……Continuación cuadro cinco

"B"	T4	A2 (71-80%)	B2 (Dieta agar)
"A"	T5	A3 (81-90%)	B1 (Dieta líquida)
"A"	T6	A3 (81-90%)	B2 (Dieta agar)

El número de repeticiones se determinó tomando en cuenta que los grados de libertad del error de la parcela pequeña deben ser mayores o iguales a doce (12), que de acuerdo al diseño experimental se calcula con la formula (Reyes, P. 1990).

$GLp = a\ (b - 1)\ (n - 1)$

Donde:

GLp: Grados de libertad de la parcela pequeña

a: Diferentes rangos de humedad relativa (3)

b: Diferentes tipos de dieta (2)

n: Número de repeticiones (5)

$GLp = 3\ (2 - 1)\ (5 - 1) \qquad GLp = 12$

2.2. Unidad experimental y aleatorización

El número total de unidades experimentales se determinó tomando en cuenta el número de tratamientos a evaluar, así como el número de repeticiones, de la forma siguiente:

Unidad experimental (UE): 1 torre.

Unidades experimentales (UE): No. tratamientos ***x*** *No. repeticiones.*

*Unidades experimentales (UE): 6 tratamientos **x** 5 repeticiones*

Unidades experimentales (UE) = 30 torres

Tomando en cuenta la disponibilidad de área para llevar a cabo el experimento, se determinaron las siguientes dimensiones generales de la unidad experimental, (ver figura tres).

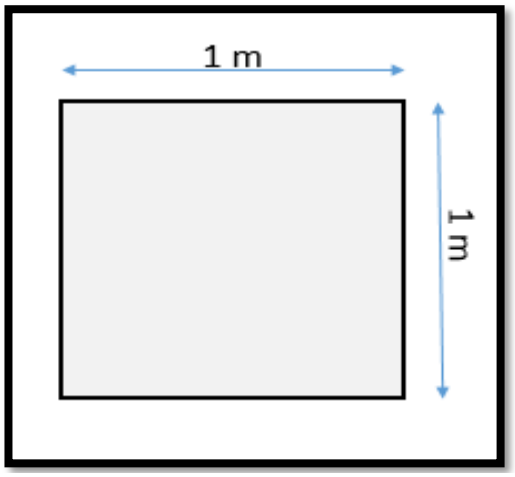


Figura 3. Dimensiones generales de la unidad experimental.

Como se observa en la figura tres, las dimensiones de la unidad experimental fueron de 1 m x 1 m, con un área de 1 metro cuadrado cada una.

Las unidades experimentales fueron distribuidas dentro de cada sala en forma aleatoria, por lo que las dimensiones del área experimental fueron de 110 metros cuadrados, como se observa en la figura cuatro.

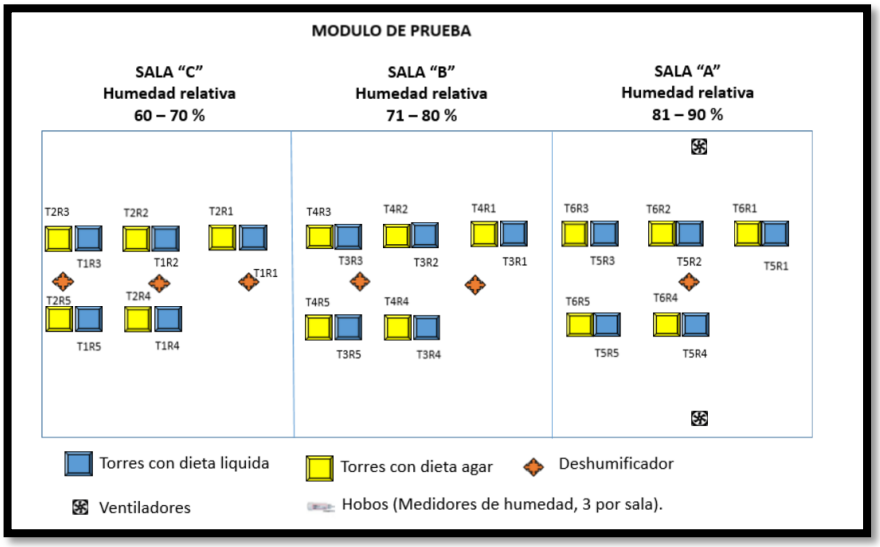


Figura 4. Dimensiones del área experimental y distribución de los tratamientos.

Además, tomando en cuenta la distribución utilizada (parcelas divididas), se observa en la figura cuatro que dentro de cada bloque la parcela grande estuvo constituida por aquellos tratamientos (unidades experimentales) con el mismo rango de humedad relativa, mientras que la parcela pequeña lo constituyó los diferentes tipos de dieta.

ANALISIS DE VARIABLE A EVALUAR

Parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann, (habilidad de vuelo, voladoras absolutas, peso del insecto por tratamiento y comportamiento de la dieta líquida).

- Para la prueba de habilidad de vuelo se tomaron muestras de 100 moscas en 5 repeticiones, los insectos se colectaron (se separaron) al estar aletargados luego de haber terminado el proceso de enfriamiento (60 minutos); el muestreo se realizó en cajas Petri que luego se colocaron en tubos negros de PVC previamente preparados con talco

industrial. La lectura de habilidad de vuelo se realizó una hora después, valores mayores a 60 % son aceptables.

- Para realizar la prueba de voladoras absolutas se tomó una criba por torre, cada una conteniendo 25,000 pupas empacadas. Las pupas en estas cribas pasan por un tamiz y luego se determina el número de pupas por Kg, posteriormente se obtuvo la medida de pupas por gramo que lleva cada una de las cribas dicho peso en gramos deberá ser igual a 25,000 pupas por criba. Luego de realizar estos cálculos y preparar la criba se coloca la dieta de agar y dieta líquida según sea el caso, así como la identificación respectiva. En una de las cribas los insectos fueron expuestos a una temperatura de 0 ± 3 °C, por un lapso de 60 minutos, luego se vertieron las cribas de forma individual en una charola plástica utilizando una por criba (a la cual se le aplica antes talco industrial para evitar que se escapen las moscas no voladoras). A los insectos que son voladores se les permite escapar volando; valores mayores al 70 % son aceptables.

- Las pruebas antes mencionadas se realizaron para evaluar los parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata Wiedemann.*

Fue necesario hacer varios ajustes en las salas de emergencia principalmente, en la sala “A”.

Como cada sala fue manejada con diferentes rangos de humedad relativa, fue necesario calibrar el equipo de ventilación, tanto los aires acondicionados, como ventiladores y deshumidificadores.

Además se colocaron tres lectores de temperatura y humedad relativa por sala de emergencia como se puede ver en la figura 26 (anexos).

En cada sala se manejaron dos tratamientos, los tratamientos uno y dos se manejaron en la sala “C” con una rango de humedad relativa de 60-70%, en la sala “B” se manejaron los tratamientos tres y cuatro, con un rango de humedad relativa de 71-80% y en la sala “A” se manejaron los tratamientos cinco y seis, con un rango de humedad relativa de 81-90%, cada tratamiento constó de cinco repeticiones, los tratamientos unos, tres y cinco fueron alimentados con dieta líquida y los tratamientos dos, cuatro y seis fueron alimentados con dieta agar.

Un tratamiento estaba conformado por un porcentaje de humedad relativa y un tipo de alimento y cada tratamiento tuvo cinco repeticiones que fueron equivalente a cinco torres, tal y como se observa en la figura cinco.

Figura 5. Torres utilizadas en la evaluación.

Cada torre contiene veinticuatro cribas y cada criba contiene 25,000 pupas, para hacer un total de 600,000 pupas por torre, para esta prueba todas las torres llevaban la misma cantidad de pupa así como la misma cantidad de alimento, tanto de tipo agar, como líquido.

Como cada sala se manejó con diferente porcentaje de humedad relativa a continuación se detalla de forma individual el manejo de cada una de ellas.

La sala “C” se mantuvo con una temperatura de 23 ± 1°C y una humedad relativa de 60 – 70 %, en dicha sala se encontraba los tratamientos uno y dos.

Para manejar este rango de humedad relativa fue necesario utilizar un deshumidificador industrial aéreo, aparte de utilizar tres deshumidificadores pequeños terrestres distribuidos en la sala de emergencia tal como se logra ver en la figura seis.

Figura 6. Deshumidificadores industriales móviles en la sala “C”

La sala “B” se mantuvo con una temperatura de 23 ± 1 °C y una humedad relativa de 71 – 80 %, en dicha sala se encontraba los tratamientos tres y cuatro y fue necesario colocar dos deshumidificadores como se observa en la figura siete.

Figura 7. Deshumidificadores industriales móviles en la sala “B”.

La sala “A” se mantuvo con una temperatura de 23 ± 1 °C y una humedad relativa de 81 – 90 %, en dicha sala se encontraba los tratamientos cinco y seis.

Para manejar este rango de humedad relativa no fue necesario utilizar el deshumidificador aéreo debido a que la humedad relativa en esta sala se mantuvo alta, eventualmente fue necesario utilizar solamente un deshumidificador industrial móvil, mayormente en la noches, el manejo en esta sala a diferencia con las otras dos no se utilizó el deshumidificador

industrial aéreo, fue necesario utilizar dos ventiladores, esto con el objetivo de que el aire en la sala recirculara, estos ventiladores se mantenían encendidos de siete de la mañana a cinco de la tarde.

Las tres salas estuvieron en constante monitoreo durante los seis días que duró la prueba y se hicieron rondas a cada hora para verificar los rangos de humedad y temperatura.

La información guardada en los Hobos fue descargada todos los días para tener un mejor control de la misma.

A los tratamientos uno, tres y cinco, los cuales fueron alimentados con dieta líquida se les tomaron muestras diarias para sacar los datos de pH. y grados Brix.

En la figura ocho se observa la tira reactiva utilizada para obtener datos de pH. a los tratamientos uno, tres y cinco.

Figura 8. Tira reactiva para lectura del pH.

En la figura nueve se observa el refractómetro, el cual sirvió para obtener datos de grados Brix a los tratamientos uno, tres y cinco.

Figura 9. Refractómetro para lectura de los grados Brix.

Las variables a evaluar fueron: 1.) El peso de mosca colectado por tratamiento. 2.) Habilidad de vuelo post-enfriamiento. 3.) Voladoras absolutas.

Para sacar el peso de mosca colectada por tratamiento fue necesario separar las cinco torres que equivalen a las cinco repeticiones que hicieron un tratamiento.

Al colectar las cinco torres esta mosca se pesó como se logra observar en la figura diez en donde se muestran los seis tratamientos ya pesados por separado.

Figura 10. Material de los seis tratamientos colectado y pesado.

Para la prueba de habilidad de vuelo, se obtuvieron cinco muestras por cada repetición de los seis tratamientos, para hacer un total de treinta muestras.

Estas muestras se tomaron en los cuartos fríos que es cuando la mosca se encuentra en estado de letargo.

Dichas muestras equivalen a cien moscas y se tomaron cinco muestras por tratamiento, las cuales fueron colocadas en tubos plásticos de color negro los cuales tienen un diámetro de 8.9 cm y 10 de altura, expuestos a temperatura ambiente, por aproximadamente una hora, tal como se observa en la figura 11 al pasar dicho tiempo se procedió al conteo de las moscas que no pudieron salir de los tubos, entre estas habían moscas no voladoras, moscas deformes y moscas muertas, al sumar el total de estas y sacar la diferencia con las cien moscas que se colocaron en un principio en cada tubo obteniéndose el porcentaje de habilidad de vuelo.

En la figura 11 se observa el montaje de la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Figura 11. Prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Para sacar la prueba de voladoras absolutas se tomó una criba de cada torre que equivale a las repeticiones de toda la evaluación, esta previamente fue marcada y la criba que se tomó estaba en la posición número doce de cada torre o sea en la parte media de esta.

Para realizar esta prueba se introdujeron esas cribas a los cuartos fríos a una temperatura de 0 ± 3 °C, como se observa en la figura 12, conjuntamente con el resto de la prueba, 60 minutos después se procedió a la colecta de cada una de estas, separando la mosca colectada, la mosca pegada y el pupario que queda en los contenedores de empaque.

Figura 12. Prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento.

Posterior a esto la mosca colectada se depositó en bandejas plásticas previamente entalcados y expuestas a temperatura ambiente y se esperó aproximadamente cincuenta minutos (ver figura 13), posteriormente se procedió a pesar las moscas que quedaron en la bandeja y que no pudieron volar, también se pesaron los residuos que es la mosca pegada a la criba y el pupario y por medio de una formula se obtuvo el porcentaje de voladoras absolutas.

Figura 13. Montaje de la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento.

VIII. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en la investigación que se realizó en el Centro de Empaque de Adulto Frio de Retalhuleu, en la cual se muestran los análisis de varianza y graficas que se le realizaron a las diferentes variables evaluadas.

1. Determinación del efecto sobre la calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann, con respecto a la interacción entre el porcentaje de humedad relativa y el tipo de dieta.

Para poder respaldar los datos obtenidos sobre la calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann con respecto a si hay un efecto con la interacción entre los rangos de humedad relativa y los tipos de dieta fue necesario aplicarle un análisis de varianza, los datos obtenidos se presentan a continuación en el cuadro seis.

La forma en que se evaluó la calidad del insecto estéril fue por medio de dos pruebas de control de calidad las cuales fueron Habilidad de vuelo post-enfriamiento y Voladoras absolutas.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Análisis de varianza sobre la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento					
F.V.	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P>F**
Repeticiones	4	0.046387	0.011597	0.2849	0.879
% Humedad relativa	2	0.724365	0.362183	8.8966	**0.010***
Error A	8	0.325684	0.040710		
Tipos de dieta	1	0.021240	0.021240	1.3558	0.266
Interacción	2	0.040771	0.020386	1.313	0.308

……Continuación cuadro seis.

Error B	12	0.187988	0.015666		
TOTAL	29	1.346436			
C.V. (ERROR B): 1.41%					

En el cuadro seis se observa el análisis de varianza aplicado a la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Dicho análisis muestra que en él porcentaje de rangos de humedad relativa (factor “A”), existe significancia ya que el dato obtenido 0.010, es menor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que dice que al menos un rango de humedad relativa evaluado tendrá diferente efecto sobre la variable respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

Debido a que si existe significancia en el porcentaje de rangos de humedad relativa (factor “A”), fue necesario realizar una comparación de medias de Tukey al 5 %, la cual se presenta en el cuadro siete.

Cuadro 7. Comparación de medias de la variable habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Comparación de medias del factor A	
Rangos de H.r. (%).	**Media**
Sala “B” 2 (71-80 %)	**9.0500 A**
Sala “C” 1 (60-70 %)	8.8800 AB
Sala “A” 3 (81-90 %)	8.6700 B
Nivel de significancia : 0.05	
Tukey: Wq 0.2578	

……Continuación cuadro siete.

Valores de tablas:	**q(0.05): 4.04**
	q(0.01): 5.63

En el cuadro siete se observa la comparación de medias de los rangos de humedad relativa evaluados y según la prueba de medias el mejor rango es el número dos, en el cual se mantenían los tratamientos tres (material alimentado con dieta líquida) y cuatro (material alimentado con dieta agar) y fue manejado con una humedad relativa 71 a 80 %.

Dentro de las pruebas de control de calidad se encuentra la habilidad de vuelo post-enfriamiento, esta prueba se realiza con el objetivo de conocer cuál es el porcentaje de mosca voladora, siendo muy importante porque indica que tan hábil es el insecto para poder volar en el campo definitivo.

La prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento es la más importante debido a que la metodología para obtener los resultados de esta prueba, en base a la cantidad de insecto volador, que posteriormente es reflejado en porcentajes, por lo que da una idea clara de la calidad del insecto que va a ser liberado en campo definitivo.

En el cuadro ocho se observa el análisis de varianza de la variable voladoras absolutas, dicho análisis se le aplicó a los seis tratamientos evaluados.

Según los datos del análisis de varianza, existe diferencia significativa en los rangos de humedad relativa evaluados, fue necesario hacer una prueba de medias para determinar cuál fue el mejor rango de humedad relativa tomando en cuenta la prueba de voladoras absolutas.

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable voladoras absolutas.

Análisis de varianza sobre la variable voladoras absolutas					
F.V.	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P>F**
Repeticiones	4	0.164795	0.041199	1.0067	0.459
% Humedad relativa	2	0.455811	0.0227905	5.569	**0.03 ***
Error A	8	0.317393	0.040924		
Tipos de dieta	1	0.176270	0.176270	3.3699	0.088
Interacción	2	0.130859	0.065430	1.2509	0.321
Error B	12	0.627686	0.052307		
TOTAL	29	1.882813			
C.V. (ERROR B): 2.62%					

Dicho análisis muestra que en él % de rangos de humedad relativa (factor "A"), existe significancia ya que el dato obtenido 0.03, es menor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que dice que al menos un rango de humedad relativa evaluado tendrá diferente efecto sobre la variable respuesta parámetros de calidad de la *Ceratitis capitata* Wiedemann.

En el cuadro nueve se observa la comparación de medias que se le hizo al análisis de varianza, dicha comparación indica que el rango que mejor comportamiento tuvo en relación a la prueba de voladoras absolutas fue el rango uno, el cual tenía una humedad relativa de 60 – 70%.

Cuadro 9. Comparación de medias de la variable moscas voladoras absolutas.

Comparación de medias del factor A	
Rangos de H.r. (%)	**Media**
Sala "C" 1 (60 – 70 %)	**8.8700 A**
Sala "B" 2 (71 – 80 %)	8.7500 AB
Sala "A" 3 (81 – 90 %)	8.5700 B
Nivel de significancia : 0.05	
Tukey: 0.2584	
Valores de tablas:	**q(0.05): 4.04**
	q(0.01): 5.63

En el rango de 60 – 70 % se encontraban los tratamiento uno y dos, el uno, fue insecto alimentado con dieta líquida y el dos contenía insecto alimentado con dieta agar, pero como lo demuestra el análisis de varianza el factor alimentación no tuvo significancia en esta variable, solamente fue el factor humedad relativa.

2. Determinación del rango de humedad relativa que presentó mejor porcentaje de habilidad de vuelo y porcentaje de voladoras absolutas, así como cantidad de libras colectadas.

Para poder determinar que rango es el más adecuado para el insecto empacado bajo el sistema de empaque en torres fue necesario basarse en las pruebas de control de calidad como lo fue la habilidad de vuelo post-enfriamiento y voladoras absolutas así como la cantidad de libras colectadas.

En la figura 14 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento.

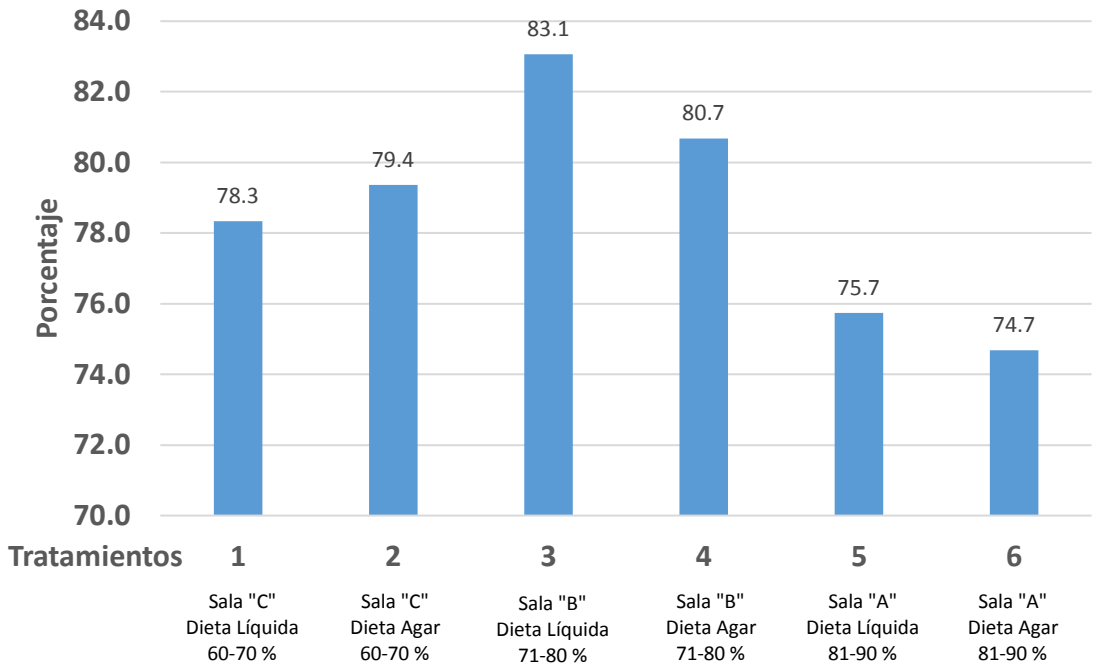


Figura 14. Resultados de la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento.

Según la figura 14, puede observarse que el tratamiento que obtuvo mejores resultados fue el número tres con (83.1%), tratamiento alimentado con dieta líquida y manejado con un rango de humedad relativa de 71 a 80 %, seguido del tratamiento cuatro con (80.7%), tratamiento alimentado con dieta agar y manejado bajo un rango de humedad relativa de 71 a 80 %, lo que indica que fue bajo este rango que el insecto obtuvo una mejor calidad.

Según el manual del Programa Moscamed para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento valores arriba del 60% son aceptables, en este caso todos los tratamientos sobrepasan ese valor.

El rango de humedad relativa de 71 a 80 % tratamiento tres el cual fue alimentado con dieta líquida presentó una diferencia de 2.4 % mayor de habilidad de vuelo comparado con el tratamiento cuatro alimentado con dieta agar, superando en 23.1 % al recomendado por el manual del Programa Moscamed;

La dieta agar representa un gasto mayor para su elaboración, razón por la cual se recomienda utilizar la dieta líquida.

A continuación en la figura 15 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de voladoras absolutas.

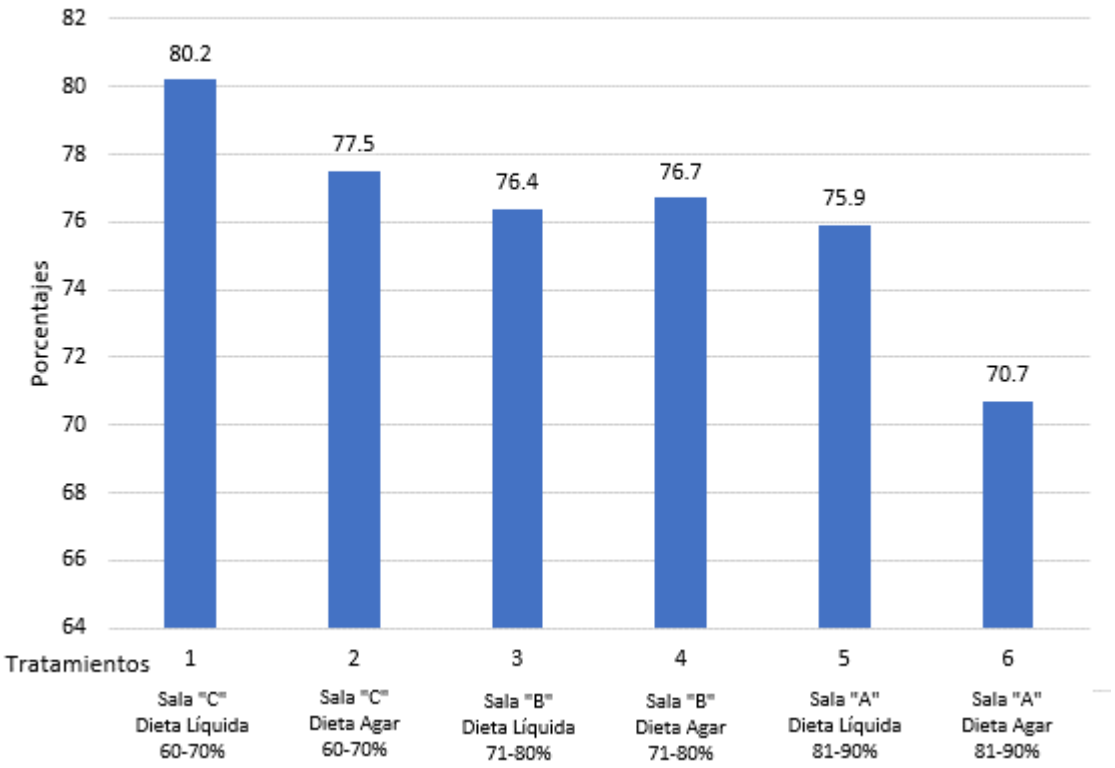


Figura 15. Resultado de la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento.

Como se observa en la figura 15 el tratamiento uno fue el que mejores resultados obtuvo, este tratamiento fue alimentado con dieta líquida y estuvo en un rango de humedad relativa de 60 – 70 %, el tratamiento que obtuvo el porcentaje más bajo de voladoras absolutas fue el seis el cual fue alimentado con dieta agar y estuvo en un rango de humedad relativa de 81 – 90 %.

Según el manual del Programa Moscamed (2015), valores arriba de 70 % son aceptables, en este caso todos los tratamientos obtuvieron valores más altos.

El porcentaje de costo en la sala “C”, es mayor debido a que demanda un consumo más alto de energía comparado con las otras dos salas, esto debido a que el rango de 60 a 70 % que se manejó en esta sala requiere mantener una hora y media más tiempo en funcionamiento el equipo.

3. Comportamiento de la dieta líquida bajo diferentes rangos de humedad relativa.

Para poder evaluar esta variable fue necesario obtener los datos de las libras colectadas, la evaporación que se produce en las salas de emergencia, grados Brix y pH.

3.1. Kilogramos colectados:

El insecto se alimentó durante su estadía en las salas de emergencia y como la evaluación trato sobre rangos de humedad relativa fue muy importante conocer el peso del insecto colectado, en la figura 16 se presentan los kilogramos colectados, así como los residuos de cada tratamiento.

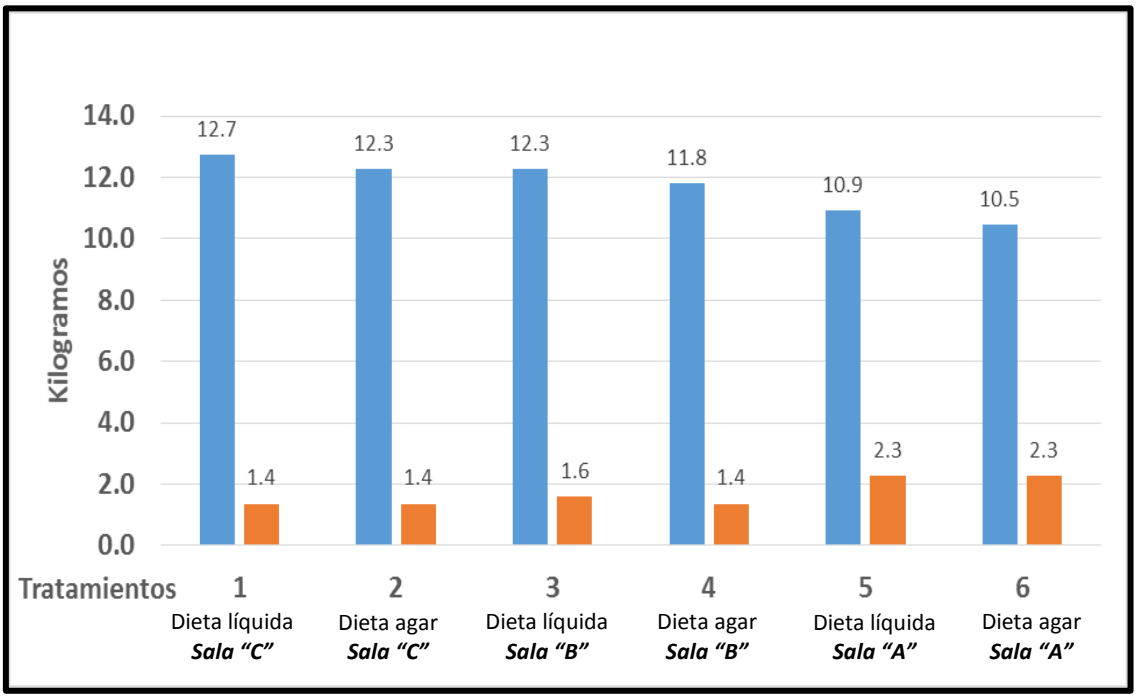


Figura 16. Peso total de mosca colectada y residuos de los seis tratamientos.

El insecto colectado de cinco torres que fueron las repeticiones que formaron un tratamiento y en la figura 16 se observa que el tratamiento uno fue el que tuvo mayor cantidad de kilogramos colectados en este caso fueron 12.7, los tratamientos dos y tres le siguen con 12.3 Kg, el tratamiento cuatro con 11.8 Kg y los tratamientos cinco y seis fueron los más bajos con 10.9 y 10.5 Kg respectivamente.

Además se observa en la misma figura 16 que el residuo que quedó de cada tratamiento va de acorde a la cantidad de kilogramos colectados.

Los residuos son las moscas pegadas en las cribas y el pupario que quedan en los canales de empaque.

1.2. Evaporación:

También fue necesario evaluar la evaporación en las salas de emergencia, esto porque al mantener diferentes rangos de humedad relativa el insecto se comporta de manera diferente.

Las salas de emergencia son ambientes controlados donde el insecto es alimentado antes de ser colectado y liberado en el campo definitivo, adentro de estas salas se dan varios procesos producto de la extracción, recirculación e inyección de aire frio, mediante los sistemas de aire acondicionado que se utilizan para mantener la temperatura y humedad relativa deseada adentro de las salas de emergencia.

Estos procesos afectan directamente al alimento que consume el insecto y el principal es la evaporación de la dieta líquida, fue necesario medir los residuos de dieta líquida porque esto dio una idea más clara de cuanto alimento es consumido por el insecto, cuanto alimento se evapora y cuanto alimento se queda en la tubería de alimentación y en el pellium.

En la gráfica 17 se observa el comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “A”, la cual se mantuvo con humedad relativa de 81-90 %, evaporándose 205 ml, consumiendo 99 ml, con un remanente en esponjas de 46 ml y 150 ml de remanente en tubos.

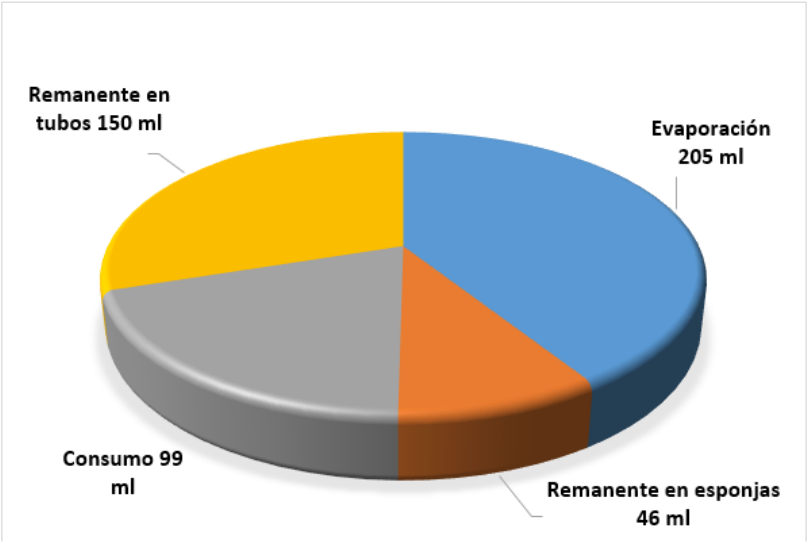


Figura 17. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia "A". 81-90 % de humedad relativa

En la figura 18 se muestran los valores del comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia "B".

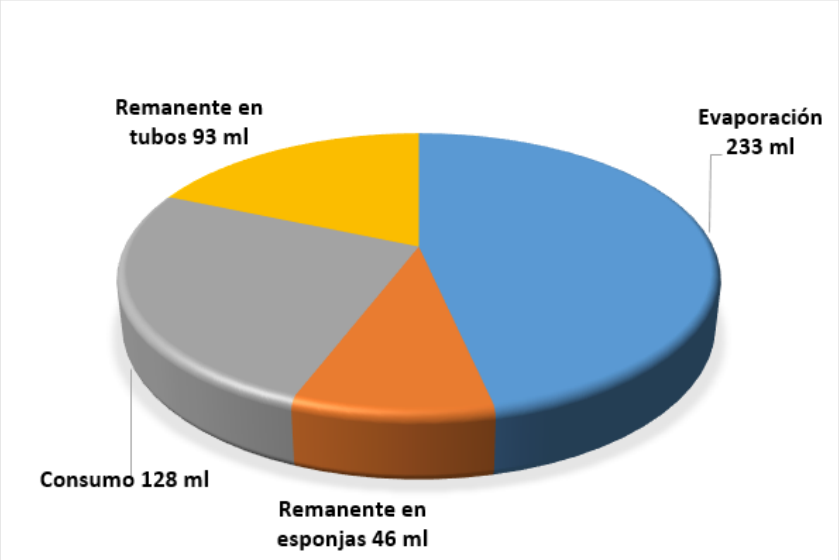


Figura 18. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia "B". 71-80 % de humedad relativa.

En la figura 18 se observa una evaporación de 233 ml respecto a la figura 17 que fue de 205 ml, esto debido a que el rango de humedad relativa fue 71 a 80 %, pero también hay un consumo de 128 ml del insecto, que al final es lo más importante para obtener insectos de mayor calidad.

Por último se observa la figura 19 los valores del comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “C”.

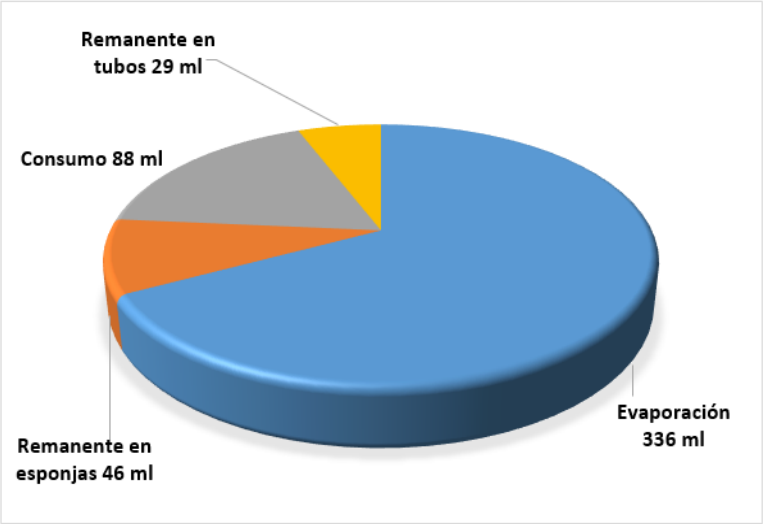


Figura 19. Comportamiento de la dieta líquida en la sala de emergencia “C”. 60-70 % de humedad relativa.

En la figura 19 se observa que la evaporación fue de 336 ml, esto debido a que el rango de humedad fue más bajo al resto de las salas (60 – 70 %), pero también se observa que el consumo fue menor a 88ml.

La diferencia que existe en las tres salas es evidente, en la figura 19 se observa que la evaporación en la sala que se mantuvo en un rango de humedad relativa entre 60 y 70 % que en este caso fue la sala “C”, se evaporaron 336 ml, siendo la sala “A” la que menos evaporación presentó fue de 205 ml, en promedio y la sala “B” quedo en medio de las salas “A” y “C” con 233 ml.

En lo que se refiere al remanente de los tubos, esto va acorde a la evaporación, porque donde hubo más evaporación, el remanente en los tubos fue menor y con lo que se refiere al remanente en las esponjas, se observó que éste dato no varía en las salas según el promedio obtenido de 46 ml.

Lo más importante es la cantidad de mililitros de dieta líquida consumida por la mosca, como se observa en las gráficas de la figuras 17, 18 y 19, la humedad relativa si afecta en la cantidad y disponibilidad de alimento.

Dentro de los tres rangos que se manejaron, fue en la sala “B” que se mantuvo con un rango de humedad relativa de (71 – 80%) en donde el insecto se alimentó de mejor forma, consumiendo 40 ml de dieta líquida más que en la sala “C” que se mantuvo en un rango de humedad relativa de (60 – 70%) y con respecto a la sala “A” que se mantuvo en un rango de humedad relativa de (81 – 90%), consumió 29 ml más de dieta líquida.

Además en la figura 26 (anexos), se observa el monitoreo que se le dio a la temperatura y humedad relativa externa, este dato fue obtenido de un Hobo que se colocó afuera de las salas de emergencia.

Como se observa en las figuras 23, 24 y 25 (anexos) la temperatura y la humedad relativa tienen una relación contraria, porque cuando la temperatura se eleva la humedad relativa desciende y viceversa.

La temperatura y humedad relativa externa si influye en el comportamiento de las condiciones en las salas, porque como se puede observar el patrón de las condiciones externas es muy similar al de las condiciones en las salas de emergencia, con la diferencia de que en las

salas estas condiciones se pueden llegar a controlar por medio de los equipos de aire acondicionado y extractores de humedad.

En el caso del porcentaje de voladoras absolutas, a pesar de que en la sala “C” con humedad relativa de (60 a 70%), se obtuvo el valor más alto, el consumo de energía eléctrica también es más alto, activándose los equipos a cada hora y media en comparación con la sala “B” con humedad relativa de (71 a 80 %), que los equipo se activan a cada tres horas, por lo que el rango de humedad más adecuado es el que se utilizó en la sala “B”.

Como se observa en la figura 22 en anexos, cuando los cambios externos son muy abruptos, a los equipos de ventilación les lleva un tiempo lograr estabilizar la temperatura y humedad relativa establecidos adentro de la sala.

En la sala “A” en comparación con la otras salas con porcentajes de humedad relativa más bajos, fue más difícil mantener la humedad relativa establecida, tal y como se observa en la figura 23, esto debido a que fue necesario desactivar el extractor de humedad relativa industrial, con el fin de mantener una humedad relativa de (81-90%), utilizando eventualmente un deshumidificador terrestre.

En la figura 24 en anexos, se observa el patrón de temperatura y humedad relativa que se mantuvo en la sala “B”, la cual tuvo se estableció en un rango de 71-80%.

En la Sala “B” a diferencia de la sala “A”, en esta si se usó un extractor aéreo industrial de temperatura y humedad relativa más dos extractores terrestres, motivo por el cual fue más fácil y más rápido poder estabilizar y mantener el rango de humedad relativa establecido.

En la figura 25 en anexos, se puede observar el comportamiento de la temperatura y humedad relativa adentro de la sala “C”, la cual se mantuvo bajo el rango de humedad relativa de 60-70%.

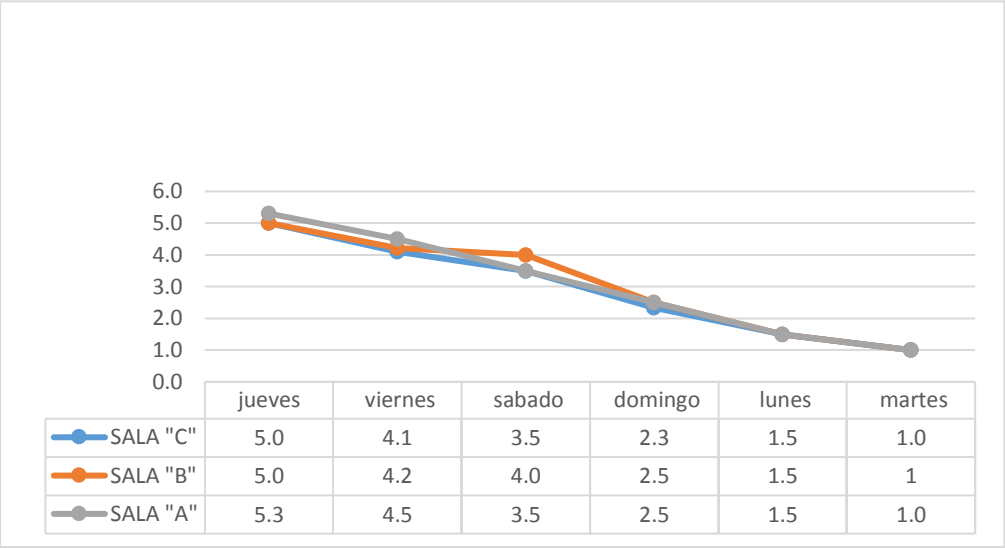
Como se observa en la figura 25 en anexos, los primeros dos días la humedad relativa osciló en todo el rango establecido, comportándose de manera diferente los últimos días antes de la liberación, se aprecia que la humedad oscilo mayormente en la parte superior del rango establecido, con picos que superaban por momentos el rango.

4. Comportamiento del Potencial de Hidrogeno (pH) y Grados Brix.

En la figura 20, se detalla el comportamiento del pH y en la figura 21 el comportamiento de los grados Brix de la dieta líquida, el tratamiento uno se sometió a una humedad relativa de 60-70%, el tratamiento tres a una humedad relativa de 71-80% y el tratamiento cinco a una humedad relativa de 81-90% y los tres a una misma temperatura que fue de 23 ± 1 °C.

Cabe mencionar que a los tratamientos dos, cuatro y seis no se les realizaron este tipo de lectura ya que se mantuvieron bajo el sistema de alimentación con dieta tipo agar.

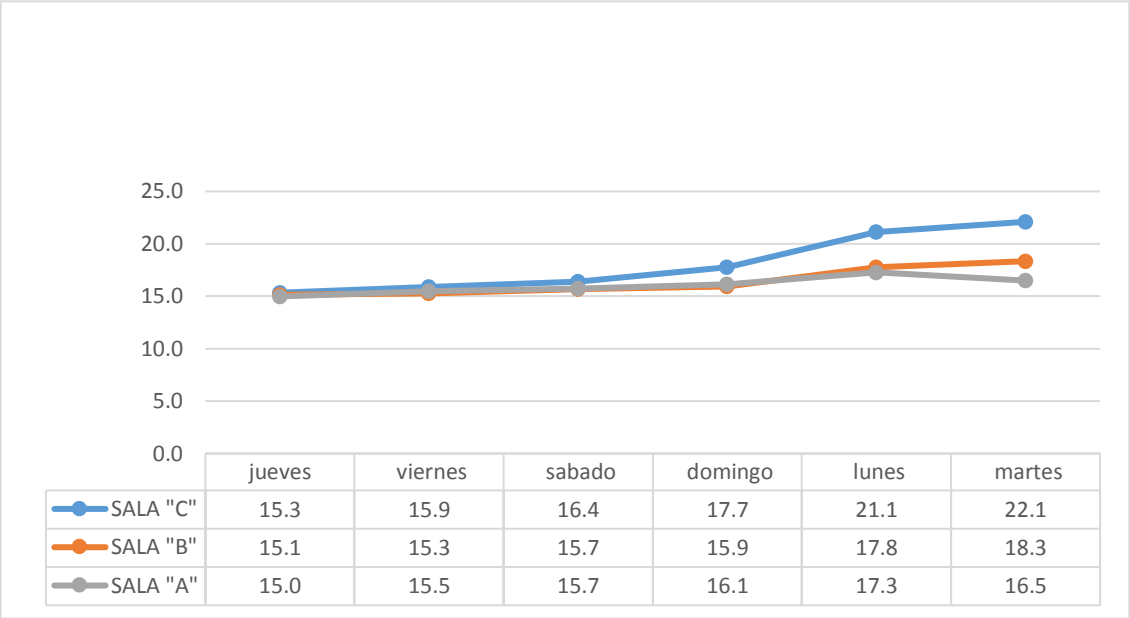
El pH; como se observa en la figura 20 para el comportamiento en los tres tratamientos fue muy similar lo cual dice que la humedad relativa no influye en el comportamiento de este, aunque se observó en todos los tratamientos, que el pH. desciende acidificándose a medida que van pasando los días tornándose acido.



	jueves	viernes	sabado	domingo	lunes	martes
SALA "C"	5.0	4.1	3.5	2.3	1.5	1.0
SALA "B"	5.0	4.2	4.0	2.5	1.5	1
SALA "A"	5.3	4.5	3.5	2.5	1.5	1.0

Figura 20. Comportamiento del pH, en los tres tratamientos evaluados con dieta líquida. (T1-sala "C", T3-sala "B", T5-sala"A").

En el caso de los grados Brix se observa en la figura 21 que el tratamiento uno, empieza a variar a partir del cuarto día, esto debido a que este se mantuvo con un rango de humedad relativa más bajo (60-70%), lo cual repercutió en que se generó una mayor evaporación de líquidos. Esto afecto de forma directa al alimento formándolo pegajoso.



	jueves	viernes	sabado	domingo	lunes	martes
SALA "C"	15.3	15.9	16.4	17.7	21.1	22.1
SALA "B"	15.1	15.3	15.7	15.9	17.8	18.3
SALA "A"	15.0	15.5	15.7	16.1	17.3	16.5

Figura 21. Comportamiento de los grados Brix, en los tres tratamientos evaluados con dieta líquida. (T1-sala "C", T3-sala "B", T5-sala"A").

Como consecuencia de esta evaporación, se genera una concentración de azucares más alta que en los tratamientos dos y tres que estuvieron sometidos a humedades relativas más altas. Dicho efecto viene a influir de forma directa ya que el insecto se impregna de esta dieta melosa lo cual limita su habilidad tanto para desprenderse de la criba en la cual esta empacada como su habilidad para volar.

Es muy importante mencionar que este efecto de evaporación solo afecta al alimento que se proporciona en forma líquida, mayormente a los tratamientos que se manejaron con humedades relativas más bajas (60-70% y 71-80%). No siendo así el caso del alimento elaborado a base de agar el cual tiene una consistencia gelatinosa que no permite que se produzca este efecto.

La concentración de azúcares es importante que se mantenga en un rango de 15 a 19 grados Brix, porque de acuerdo a la figura 18, en este rango es donde el insecto consume más dieta líquida, 128 mililitros.

IX. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el tipo de dieta no influye en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, no importando que rango de humedad relativa se maneje.

2. Mediante esta evaluación se estableció que el rango de humedad relativa más apropiado para el insecto estéril *Ceratitis capitata Wiedemann* bajo el sistema de empaque en torres es el de 71 a 80 %, basándose en la prueba más importante de control de calidad que es la “Habilidad de vuelo post-enfriamiento”.

3. Se determinó que en la sala con humedad relativa de 71 a 80 % el tratamiento tres alimentado con dieta líquida presentó 83 % de habilidad de vuelo post enfriamiento, siendo superior al 60 % establecido por el manual de procedimientos del Programa Moscamed.

4. En el caso del porcentaje de voladoras absolutas, a pesar de que en la sala “C” con humedad relativa de 60 a 70%, se obtuvo el valor más alto, el consumo de energía eléctrica también es más alto, activándose los equipos a cada hora y media en comparación con la sala “B” con humedad relativa de 71 a 80 %, que los equipo se activan a cada tres horas, por lo que el rango de humedad relativa más adecuado es el que se utilizó en la sala “B”.

5. Dentro de los rangos de humedad relativa sometidos a evaluación se determinó que la sala “B” (71 a 80 %), presentó una diferencia de 29 ml de dieta líquida con respecto a la sala “A” (81 a 90 %) y 40 ml de dieta líquida con respecto a la sala “C” (60 a 70 %).

6. La concentración de azucares en la dieta líquida también influye en el consumo, demostrando que en la sala “B” con 18.3 grados Brix, el consumo fue de 128 ml.

7. Se demostró que la concentración de grados Brix en la dieta líquida va relacionado cuando existe una mayor evaporación de líquido, lo cual fue mayor en el rango de 60-70% de H.R. evaporándose un total de 336 ml y alcanzando los 22.1 grados Brix.

8. El rango de humedad de 71-80 %, demostró mejores resultados no siendo necesario hacer cambios en el equipo de ventilación (deshumidificadores y ventiladores), y solo fue necesario calibrarlos.

9. La elaboración de la dieta líquida es 20 % más económica realizarla en comparación con la dieta agar.

X. RECOMENDACIONES

1. Como resultado de la investigación se sugiere realizar un cambio en el rango de humedad relativa con relación al que se trabaja actualmente, además de actualizar el manual de procedimientos del Centro de Empaque de Adulto Frio de Retalhuleu en lo que a este punto se refiere.

2. Basándose en los resultados obtenidos de esta investigación se sugiere manejar las salas de emergencia en un rango de humedad relativa de 71 a 80 %, habiendo demostrado que el insecto estéril *Ceratitis capitata Wiedemann*, obtiene mejores parámetros de calidad en relación a los otros rangos evaluados.

3. A pesar de que el tipo de alimento no influye en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata Wiedemann*, por cuestiones económicas conviene utilizar la dieta líquida para la alimentación del insecto, ya que esta dieta sugiere un ahorro económico del 20 %, por cada 60 millones de pupa empacada.

4. A pesar de los accesorios extras que se necesitan para empacar la pupa en torres con el sistema de dieta líquida, aun así este sistema es más económico, por lo cual es importante el uso de este sistema en su totalidad.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Experimentos, (2013). Recuperado el 05 de septiembre de 2016 de: https://issuu.com/byrong/docs,2013.

2. Hernández, M. (2007). *Caracterización de la dieta líquida de la Mosca del Mediterráneo*. Realizada en el centro de empaque y liberación de mosca estéril del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann. Programa Moscamed, Retalhuleu.

3. INFOAGRO, (2015). *Moscas de la* fruta. Recuperado el 03 de marzo de 2015 de: http://www.infoagro.com/frutas/mosca_de_la_fruta2.htm.

4. *Moscas de la fruta,* (2017). Recuperado el 22 de marzo de 2017 de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ceratitis_capitata.

5. Programa MOSCAMED, (2015). *Manual de Procedimientos de Control de Calidad*, Guatemala, GT.

6. Programa Moscamed, (2016). *Moscas de la* fruta. Recuperado el 06 de marzo de 2016 de: http://www.moscamed-guatemala.org.gt/.

7. Reyes, P. (1990). *Diseño de experimentos aplicados*. (3 ed). México D.F. Editorial: Trillas. 348 p. Recuperado el 10 de octubre de 2016 de: http://www.diseños-experimentados.com.

Vo.Bo._____

Licda. Ana Teresa de González

Bibliotecaria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE
BIBLIOTECA
CUNSUROC

XII. ANEXOS

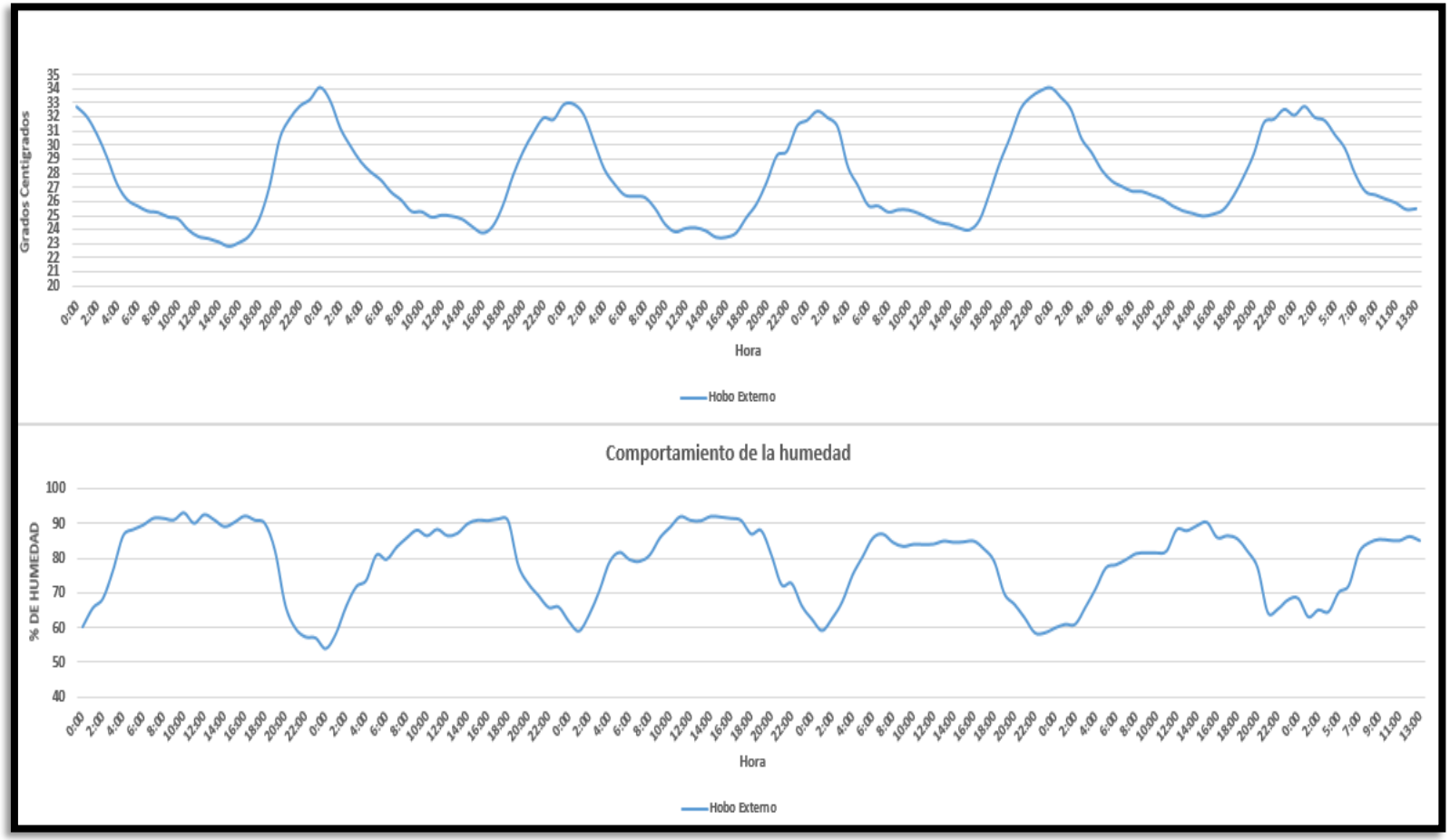


Figura 22. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa externa en las salas de emergencia.

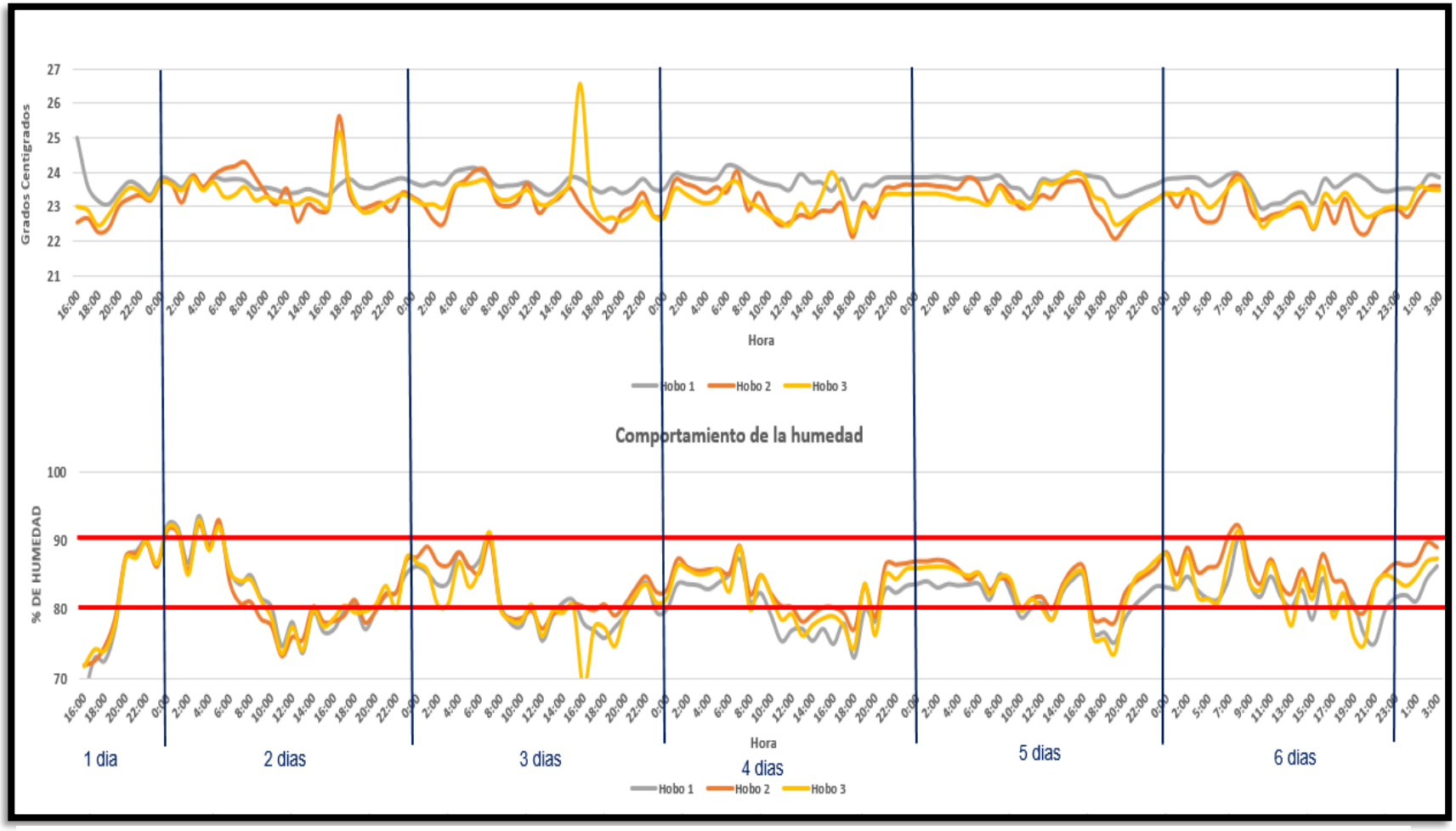


Figura 23. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia "A". Rango de humedad relativa 81-90 %.

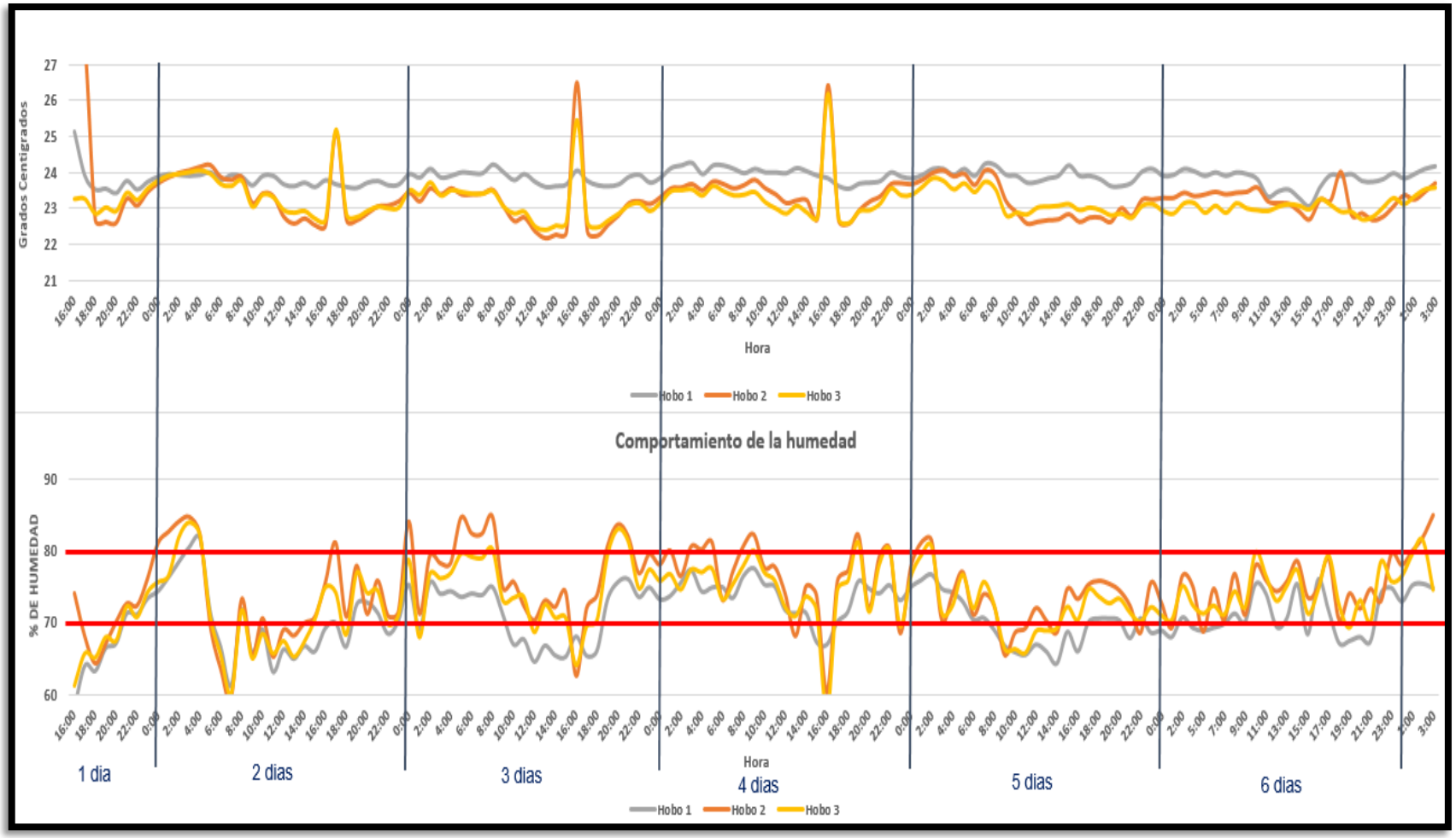


Figura 24. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia "B". Rango de humedad relativa 71-80 %.

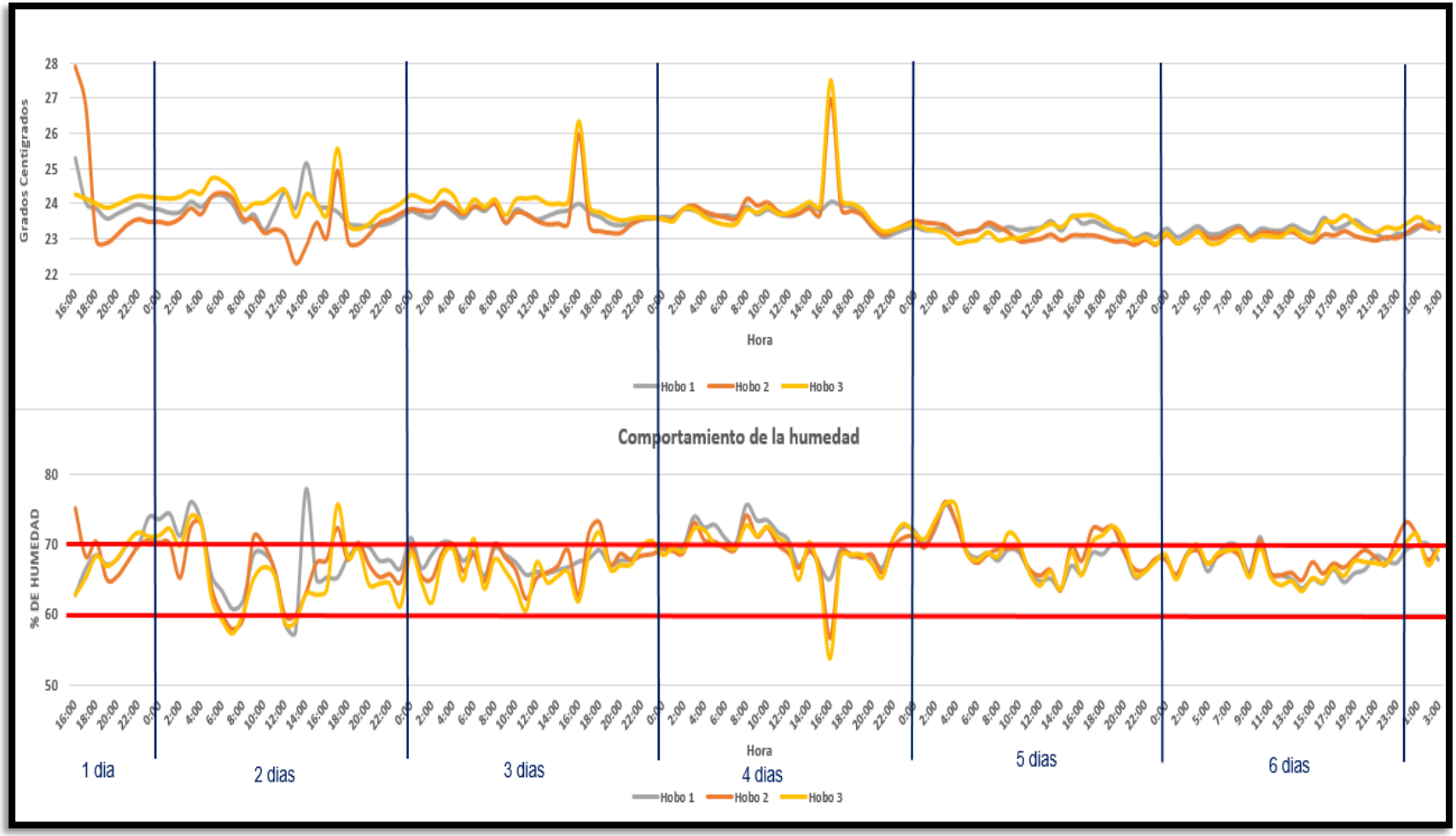


Figura 25. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la sala de emergencia "C". Rango de humedad relativa 60-70 %.

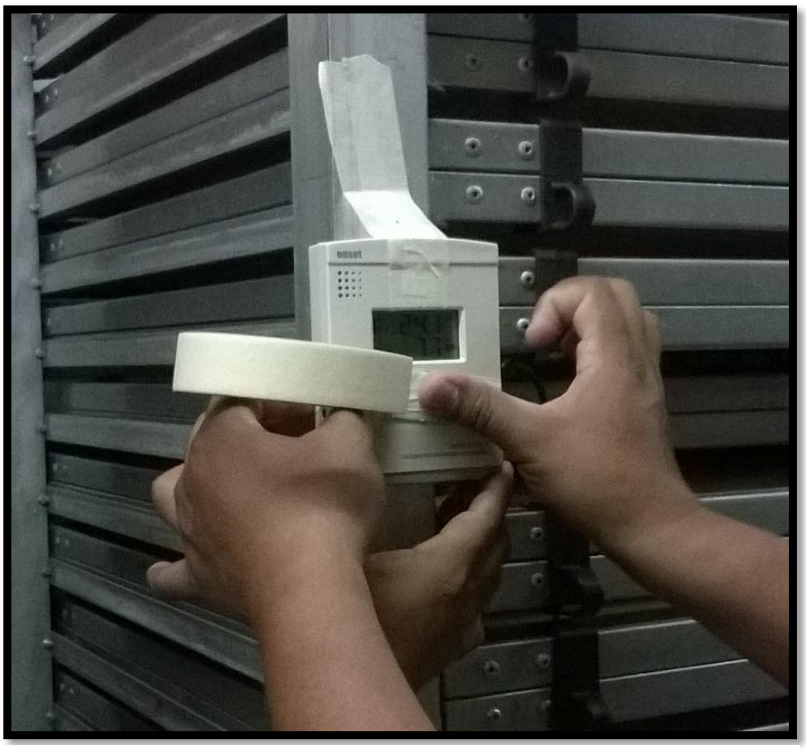


Figura 26. Equipando las unidades experimentales con el equipo de medición de temperatura y humedad relativa.

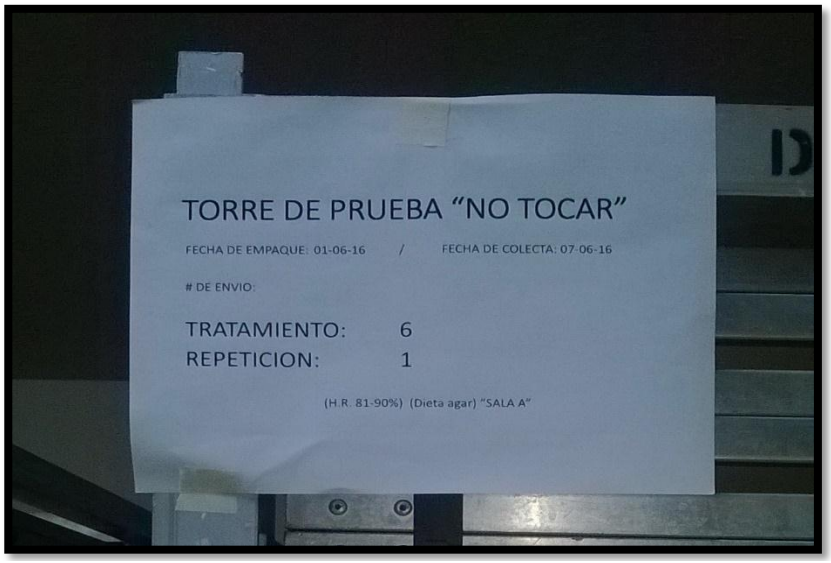


Figura 27. Unidades experimentales identificadas.

Figura 28. Pesado de pupa antes del empaque.

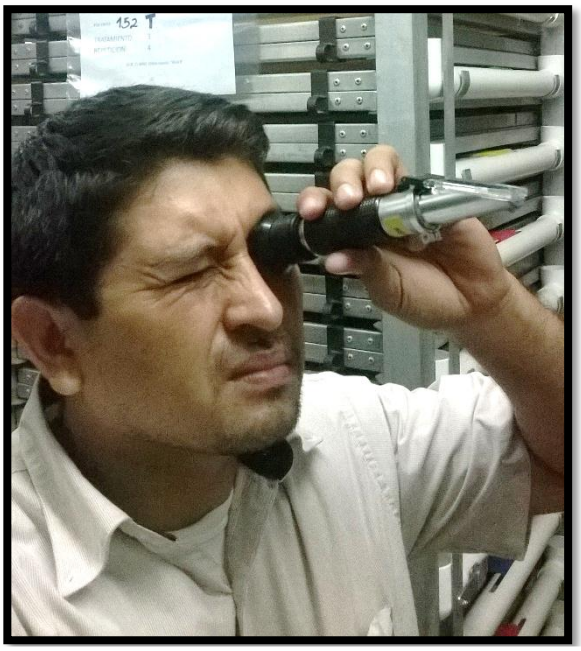
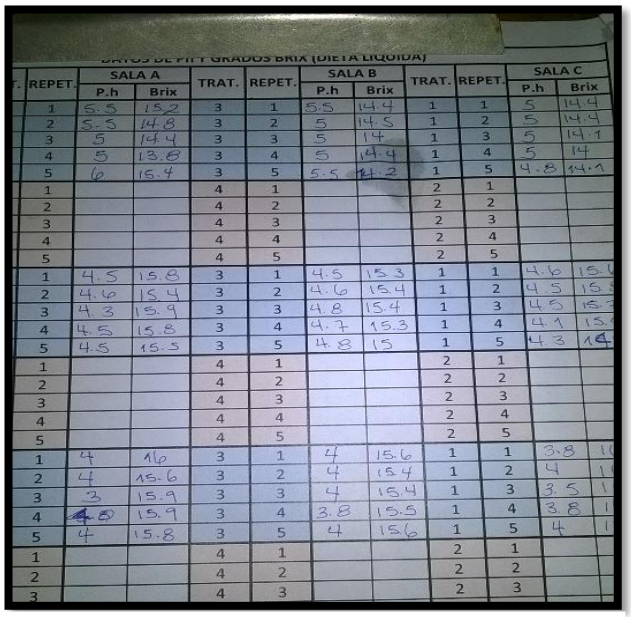


Figura 29. Medición de los grados Brix.



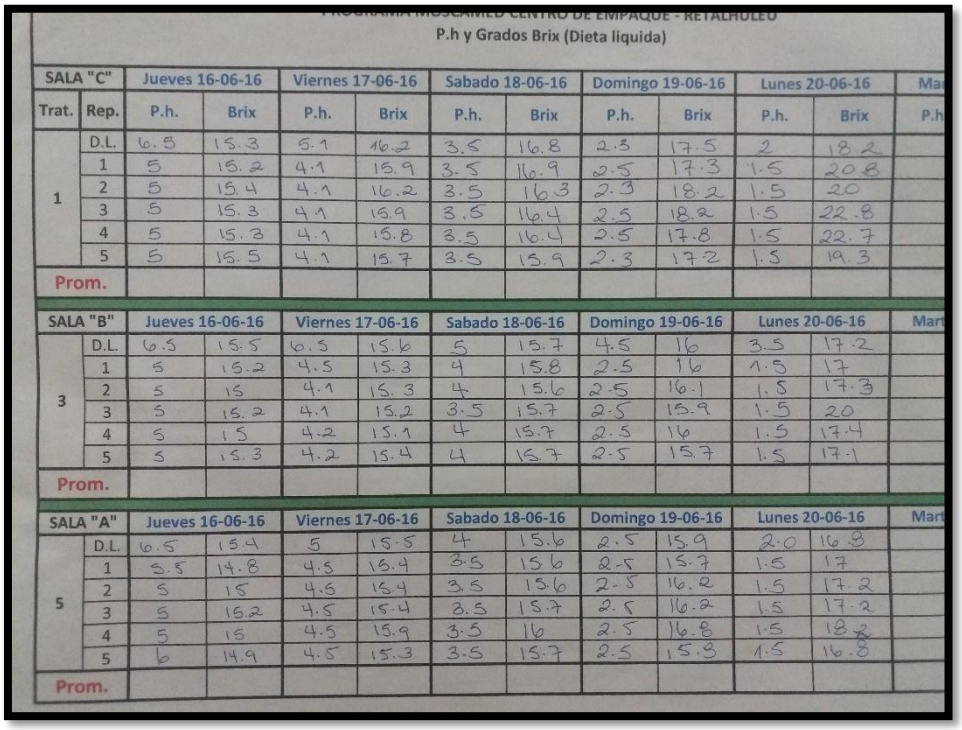
DATOS DE PH Y GRADOS BRIX (DIETA LIQUIDA)

T.	REPET.	SALA A		TRAT.	REPET.	SALA B		TRAT.	REPET.	SALA C	
		P.h	Brix			P.h	Brix			P.h	Brix
	1	5.5	15.2	3	1	5.5	14.4	1	1	5	14.4
	2	5.5	14.8	3	2	5	14.5	1	2	5	14.4
	3	5	14.4	3	3	5	14	1	3	5	14.1
	4	5	13.8	3	4	5	14.4	1	4	5	14
	5	6	15.4	3	5	5.5	14.2	1	5	4.8	14.1
	1			4	1			2	1		
	2			4	2			2	2		
	3			4	3			2	3		
	4			4	4			2	4		
	5			4	5			2	5		
	1	4.5	15.8	3	1	4.5	15.3	1	1	4.6	15.6
	2	4.6	15.4	3	2	4.6	15.4	1	2	4.5	15.5
	3	4.3	15.9	3	3	4.8	15.4	1	3	4.5	15.3
	4	4.5	15.8	3	4	4.7	15.3	1	4	4.1	15.1
	5	4.5	15.5	3	5	4.8	15	1	5	4.3	14
	1			4	1			2	1		
	2			4	2			2	2		
	3			4	3			2	3		
	4			4	4			2	4		
	5			4	5			2	5		
	1	4	16	3	1	4	15.6	1	1	3.8	1[illegible]
	2	4	15.6	3	2	4	15.4	1	2	4	1[illegible]
	3	3	15.9	3	3	4	15.4	1	3	3.5	1[illegible]
	4	4.5	15.9	3	4	3.8	15.5	1	4	3.8	1[illegible]
	5	4	15.8	3	5	4	15.6	1	5	4	1[illegible]
	1			4	1			2	1		
	2			4	2			2	2		
	3			4	3			2	3		

Figura 30. Control diario del p.H. y grados Brix.

Figura 31. Colecta del material biológico *Ceratitis capitata Wiedemann* en los cuartos fríos.

Figura 32. Mosca pegada en las cribas.



PROGRAMA MOSCAMED CENTRO DE EMPAQUE - RETALHULEU

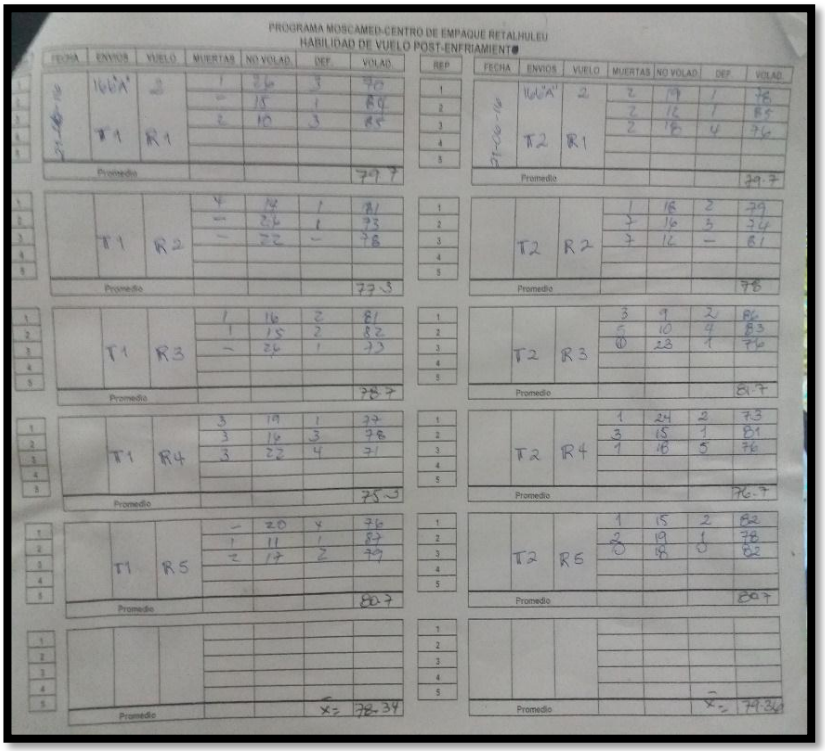
P.h y Grados Brix (Dieta liquida)

SALA "C"		Jueves 16-06-16		Viernes 17-06-16		Sabado 18-06-16		Domingo 19-06-16		Lunes 20-06-16		Mar
Trat.	Rep.	P.h.	Brix	P.h.	Brix	P.h.	Brix	P.h.	Brix	P.h.	Brix	P.h
1	D.L.	6.5	15.3	5.1	16.2	3.5	16.8	2.3	17.5	2	18.2	
	1	5	15.2	4.1	15.9	3.5	16.9	2.5	17.3	1.5	20.8	
	2	5	15.4	4.1	16.2	3.5	16.3	2.3	18.2	1.5	20	
	3	5	15.3	4.1	15.9	3.5	16.4	2.5	18.2	1.5	22.8	
	4	5	15.3	4.1	15.8	3.5	16.4	2.5	17.8	1.5	22.7	
	5	5	15.5	4.1	15.7	3.5	15.9	2.3	17.2	1.5	19.3	
Prom.												

SALA "B"		Jueves 16-06-16		Viernes 17-06-16		Sabado 18-06-16		Domingo 19-06-16		Lunes 20-06-16		Mar
3	D.L.	6.5	15.5	6.5	15.6	5	15.7	4.5	16	3.5	17.2	
	1	5	15.2	4.5	15.3	4	15.8	2.5	16	1.5	17	
	2	5	15	4.1	15.3	4	15.6	2.5	16.1	1.5	17.3	
	3	5	15.2	4.1	15.2	3.5	15.7	2.5	15.9	1.5	20	
	4	5	15	4.2	15.1	4	15.7	2.5	16	1.5	17.4	
	5	5	15.3	4.2	15.4	4	15.7	2.5	15.7	1.5	17.1	
Prom.												

SALA "A"		Jueves 16-06-16		Viernes 17-06-16		Sabado 18-06-16		Domingo 19-06-16		Lunes 20-06-16		Mar
5	D.L.	6.5	15.4	5	15.5	4	15.6	2.5	15.9	2.0	16.8	
	1	5.5	14.8	4.5	15.4	3.5	15.6	2.5	15.7	1.5	17	
	2	5	15	4.5	15.4	3.5	15.6	2.5	16.2	1.5	17.2	
	3	5	15.2	4.5	15.4	3.5	15.7	2.5	16.2	1.5	17.2	
	4	5	15	4.5	15.9	3.5	16	2.5	16.8	1.5	18.2	
	5	6	14.9	4.5	15.3	3.5	15.7	2.5	15.9	1.5	16.8	
Prom.												

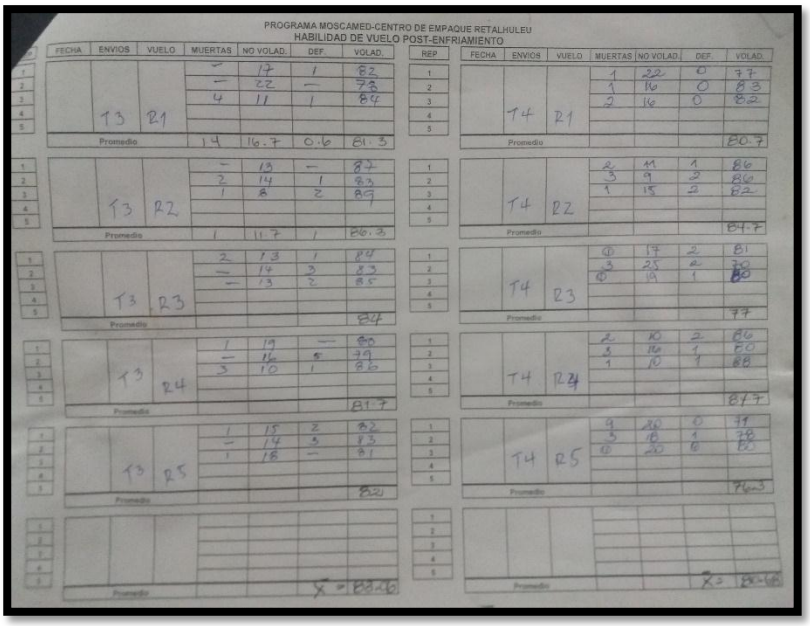
Figura 33. Toma de datos de p.H. y grados Brix de los tratamientos 1, 3 y 5.



PROGRAMA MOSCAMED-CENTRO DE EMPAQUE RETALHULEU
HABILIDAD DE VUELO POST-ENFRIAMIENTO

FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.	REP.	FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.
01-06-16	166A'	2	1	26	3	70	1	01-06-16	166A'	2	2	19	1	78
	T1	R1	–	15	1	84	2		T2	R1	2	12	1	85
			2	10	3	85	3				2	18	4	76
							4							
							5							
Promedio						79.7		Promedio						79.7
	T1	R2	4	14	1	81	1		T2	R2	1	18	2	79
			–	26	1	73	2				3	16	3	74
			–	22	–	78	3				3	12	–	81
							4							
							5							
Promedio						77.3		Promedio						78
	T1	R3	1	16	2	81	1		T2	R3	3	9	2	86
			1	15	2	82	2				5	10	4	83
			–	26	1	73	3				0	23	1	76
							4							
							5							
Promedio						78.7		Promedio						81.7
	T1	R4	3	19	1	77	1		T2	R4	1	24	2	73
			3	16	3	78	2				3	15	1	81
			3	22	4	71	3				1	18	5	76
							4							
							5							
Promedio						75.3		Promedio						76.7
	T1	R5	–	20	4	76	1		T2	R5	1	15	2	82
			1	11	1	87	2				2	19	1	78
			2	17	2	79	3				0	18	0	82
							4							
							5							
Promedio						80.7		Promedio						80.7
							1							
							2							
							3							
							4							
							5							
Promedio						$\bar{x}$ = 78.34		Promedio						$\bar{x}$ = 79.34

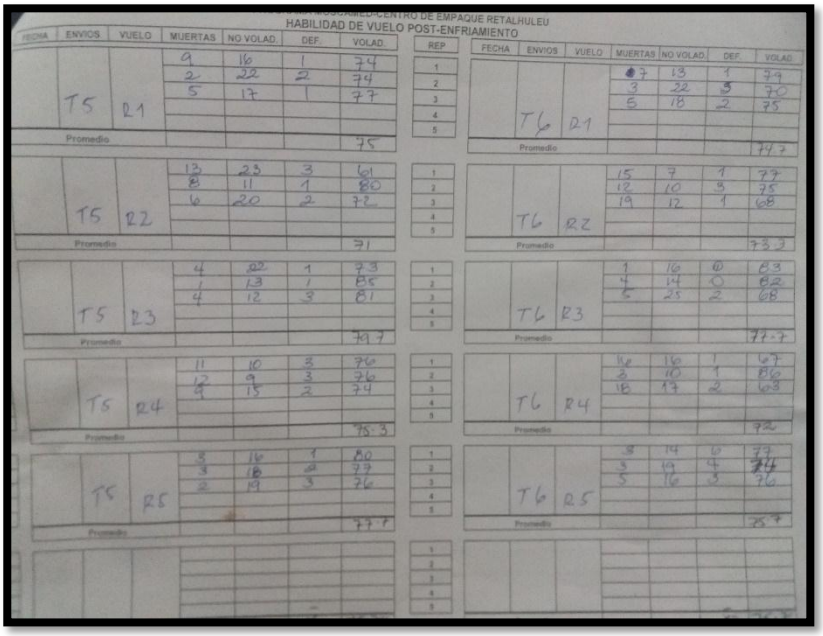
Figura 34. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 1 y 2.



PROGRAMA MOSCAMED-CENTRO DE EMPAQUE RETALHULEU
HABILIDAD DE VUELO POST-ENFRIAMIENTO

FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.	REP.	FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.
	T3	R1	–	17	1	82	1		T4	R1	1	22	0	77
			–	22	–	78	2				1	16	0	83
			4	11	1	84	3				2	16	0	82
							4							
							5							
Promedio			1.4	16.7	0.6	81.3		Promedio						80.7
	T3	R2	–	13	–	87	1		T4	R2	2	11	1	86
			2	14	1	83	2				3	9	2	86
			1	8	2	89	3				1	15	2	82
							4							
							5							
Promedio			1	11.7	1	86.3		Promedio						84.7
	T3	R3	2	13	1	84	1		T4	R3	0	17	2	81
			–	14	3	83	2				3	25	2	70
			–	13	2	85	3				0	19	1	80
							4							
							5							
Promedio						84		Promedio						77
	T3	R4	1	19	–	80	1		T4	R4	2	10	2	86
			–	16	5	79	2				3	10	1	80
			3	10	1	86	3				1	10	1	88
							4							
							5							
Promedio						81.7		Promedio						81.7
	T3	R5	1	15	2	82	1		T4	R5	4	20	0	77
			–	14	3	83	2				3	18	1	78
			1	18	–	81	3				0	20	0	80
							4							
							5							
Promedio						82.0		Promedio						76.3
							1							
							2							
							3							
							4							
							5							
Promedio						$\bar{x}$ = 83.26		Promedio						$\bar{x}$ = 79.68

Figura 35. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 3 y 4.



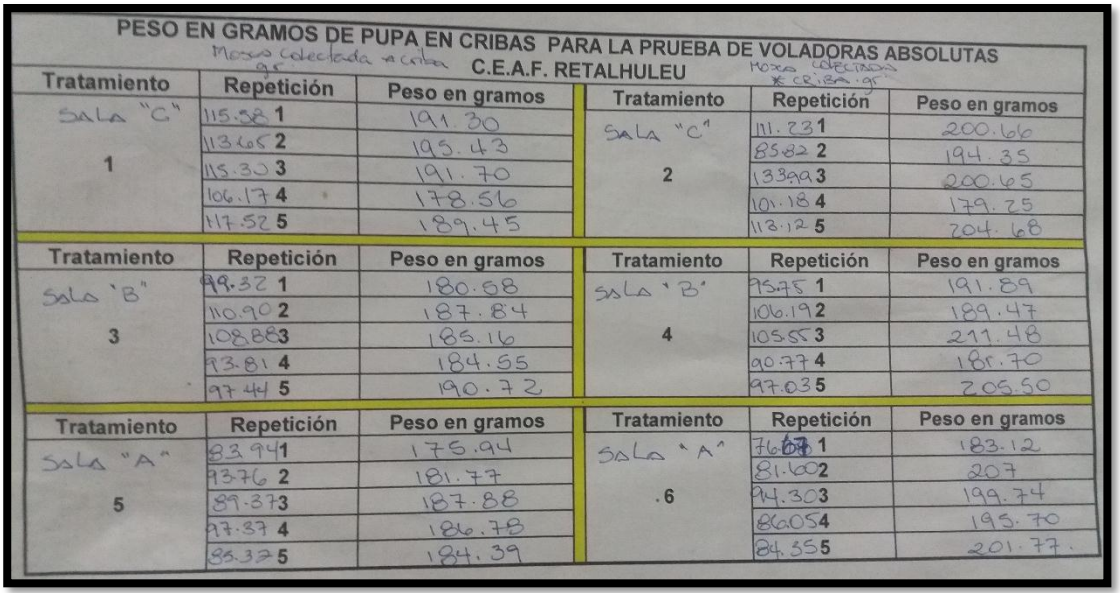
CENTRO DE EMPAQUE RETALHULEU

HABILIDAD DE VUELO POST-ENFRIAMIENTO

FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.	REP
	T5	R1	9	16	1	74	1
			2	22	2	74	2
			5	17	1	77	3
							4
							5
Promedio						75	
	T5	R2	13	23	3	61	1
			8	11	1	80	2
			6	20	2	72	3
							4
							5
Promedio						71	
	T5	R3	4	22	1	73	1
			1	13	1	85	2
			4	12	3	81	3
							4
							5
Promedio						79.7	
	T5	R4	11	10	3	76	1
			12	9	3	76	2
			4	15	2	74	3
							4
							5
Promedio						75.3	
	T5	R5	8	16	1	80	1
			3	18	2	77	2
			2	19	3	76	3
							4
							5
Promedio						77.7	
							1
							2
							3
							4
							5

FECHA	ENVIOS	VUELO	MUERTAS	NO VOLAD.	DEF.	VOLAD.
	T6	R1	7	13	1	79
			3	22	3	70
			5	18	2	75
Promedio						74.7
	T6	R2	15	7	1	77
			12	10	3	75
			19	12	1	68
Promedio						73.3
	T6	R3	1	16	0	83
			4	14	0	82
			5	25	2	68
Promedio						77.7
	T6	R4	16	16	1	67
			2	10	1	86
			18	17	2	63
Promedio						72
	T6	R5	3	14	6	77
			3	19	4	74
			5	16	3	76
Promedio						75.7

Figura 36. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de habilidad de vuelo post-enfriamiento, de los tratamientos 5 y 6.



PESO EN GRAMOS DE PUPA EN CRIBAS PARA LA PRUEBA DE VOLADORAS ABSOLUTAS

C.E.A.F. RETALHULEU

Tratamiento	Repetición	Peso en gramos	Tratamiento	Repetición	Peso en gramos
Sala "C"	115.58 1	191.30	Sala "C"	111.23 1	200.66
	113.65 2	195.43		85.82 2	194.35
1	115.30 3	191.70	2	133.99 3	200.65
	106.17 4	178.56		101.18 4	179.25
	117.52 5	189.45		113.12 5	204.68
Tratamiento	Repetición	Peso en gramos	Tratamiento	Repetición	Peso en gramos
Sala "B"	99.32 1	180.58	Sala "B"	95.75 1	191.89
	110.90 2	187.84		106.19 2	189.47
3	108.88 3	185.16	4	105.55 3	211.48
	93.81 4	184.55		90.77 4	181.70
	97.44 5	190.72		97.03 5	205.50
Tratamiento	Repetición	Peso en gramos	Tratamiento	Repetición	Peso en gramos
Sala "A"	83.94 1	175.94	Sala "A"	76.67 1	183.12
	93.76 2	181.77		81.60 2	207
5	89.37 3	187.88	.6	94.30 3	199.74
	97.37 4	186.78		86.05 4	195.70
	85.37 5	184.39		84.55 5	201.77

Figura 37. Datos obtenidos de las muestras tomadas para la prueba de voladoras absolutas.

Figura 38. Material colectado para la prueba de voladoras absolutas post-enfriamiento.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro Universitario de Sur-Occidente
CUNSUROC
Apartado postal 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, Julio de 2018

Señores:
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Sur-Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Distinguidos integrantes del consejo directivo:

De conformidad a las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de graduación, titulado "**Evaluación de tres diferentes rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, con dos sistemas de alimentación, realizado en el CEAF, Retalhuleu;** requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado, esperando favorezca su aprobación.

Sin nada más que agregar, me suscribo de ustedes;

Atentamente,

Mario Alberto de León García
Carné 200440689

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro Universitario de Sur-Occidente
CUNSUROC
Apartado postal 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, Julio de 2018

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador de la carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur-Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ing. Ruiz.

Por medio de la presente, hacemos de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que nos fuera asignado, hemos procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación del estudiante Mario Alberto de León García, carné 200440689, el cual lleva el título **""Evaluación de tres diferentes rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, con dos sistemas de alimentación, realizado en el CEAF, Retalhuleu".**

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, consideramos que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este centro universitario y firmamos la presente, dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, nos suscribimos de su persona.

Atentamente:

Ing. Agr. Nicolás Barrios de León
Asesor, Revisor
Carrera de Agronomía Tropical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro Universitario de Sur-Occidente
CUNSUROC
Apartado postal 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, Julio de 2018.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director Centro Universitario de Sur-Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Dr. Guillermo Tello

Por medio de la presente, le informo que el estudiante Mario Alberto de León García, carné 200440689, de la carrera de agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado. **"Evaluación de tres diferentes rangos de humedad relativa y su efecto en la calidad del insecto estéril *Ceratitis capitata* Wiedemann, con dos sistemas de alimentación, realizado en el CEAF, Retalhuleu",** el cual fue asesorado y revisado por el Ing. Agr. Nicolás Barrios de León, catedrático de la carrera de Agronomía Tropical.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Mario Alberto de León García, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a su consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin nada más que agregar, me suscribo de usted.

Atentamente:

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-04-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, treinta de agosto de dos mil dieciocho.——————————

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **"EVALUACIÓN DE TRES DIFERENTES RANGOS DE HUMEDAD RELATIVA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL INSECTO ESTÉRIL (Ceratitis capitata Wiedemann), CON DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN REALIZADO EN EL CEAF, RETALHULEU"**, del estudiante: **Mario Alberto De León García**, carné **200440689** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director

/gris