

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**COMPARACIÓN DE LA CRIA MASIVA DE DOS CEPAS DE SEXADO GENETICO DE
MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata* Wiedemann BAJO CONDICIONES DE
LABORATORIO**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2001

DL
01
+(2000)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof. Abelardo Caal Ich
VOCAL QUINTO	Br. José Baldomero Sandoval Arriaza
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Agosto del 2001

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Señores miembros:

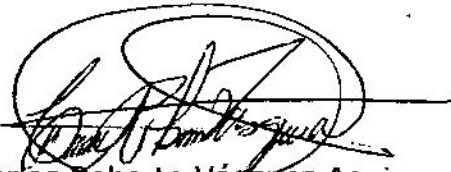
De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala; tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

COMPARACIÓN DE LA CRIA MASIVA DE DOS CEPAS DE SEXADO GENETICO DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata Wiedemann* BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos académicos para su aprobación, me despido de ustedes,

Atentamente,



Carlos Roberto Vásquez Aguirre

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por concederme la fortaleza necesaria para sobrepasar los caminos pedregosos que debí afrontar para conseguir este logro.

MIS PADRES

Roberto Vásquez Pérez y Herminda Aguirre Quiñónez; porque con su sudor y trabajo, me enseñaron que en la vida se lucha para conseguir las metas.

MIS ABUELOS

Sotero Vásquez (Q.E.P.D.), Silvestre Aguirre, Esther Pérez, Paula Quiñónez; por ser maestros de la dedicación y el trabajo.

MIS HERMANOS

Oswaldo, Ingrid Mabel y Elda Patricia, por su gran apoyo.

MIS SOBRINOS

Pedro Roberto (Q.E.P.D.), Vilma Esther y Olinda, por sus muestras de aprecio.

MIS CUÑADOS

Pedro Arana Jiménez y Silvia Martínez Magaña, por sus grandes muestras de aprecio.

MIS FAMILIARES

Con mucho respeto

MIS AMIGOS Y AMIGAS

Con mucha amistad y cariño, gracias por compartir conmigo tantos momentos agradables y por concederme su confianza y amistad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y en especial a la Facultad de Agronomía, centro de mi preparación.

Ingenieros Agrónomos Samuel Córdova y Edwin Ramírez, por su valiosa colaboración en la asesoría de este trabajo.

Al grupo técnico del Programa Moscamed, Carlos Cáceres, Carolina Romero, Luis Andrade, Efraín Sosa, Manfredo Pecorelli, Edwin Ramírez, Francisco Reyes, Pablo Moreno, Marvin Pérez, Manfredo Fuentes, Cosme Herrera., por sus sabias enseñanzas.

Al cuerpo de trabajo del área de investigación, Efrén Ibarra, David Vásquez y Carlos Solares, por su colaboración en todo momento.

Ingeniero Agrónomo Efraín Sosa por su paciencia, colaboración y gran apoyo en la fase final de redacción del documento.

Ingenieros Agrónomos Rudy Villatoro y Carlos Cáceres por darme la oportunidad de realizar esta importante investigación en el Programa Moscamed.

A las secretarias del Laboratorio El Pino del Programa Moscamed, Eveling y Lili, por su colaboración.

Al Programa Moscamed, por abrirme las puertas como profesional y realizar esta importante investigación. En especial al: Ing. Carlos Cáceres y Rudy Villatoro.

Y a todos aquellos que han colaborado en mi formación como profesional, como persona y como ser humano.

CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
Indice de cuadros	iv
Indice de figuras	iv
Indice de gráficas	v
Resumen	vii
1. Introducción	1
2. Definición del problema	3
3. Marco Teórico	4
3.1 Marco Conceptual	4
3.1.1 Distribución e importancia económica de la mosca del mediterráneo	4
3.1.2 Clasificación taxonómica	5
3.1.3 Sexado genético	5
3.1.4 Ventajas del sexado genético	5
3.1.5 Construcción del sistema de sexado genético	6
3.1.6 Aislamiento de la mutación <i>ts1</i>	6
3.1.7 Translocaciones cromosómicas	6
3.2 Marco Referencial	7
3.2.1 Descripción del área de estudio	7
3.2.2 Cría masiva de cepas " <i>ts1</i> " en Guatemala	7
3.2.2.1 Condiciones ambientales	8
3.2.3 Origen de las cepas	9
4. Objetivos	11
4.1 General	11
4.2 Específicos	11
5. Hipótesis	11
6. Metodología	12
6.1 Descripción de los tratamientos	12
6.1.1 Colectas de larva a cada hora	12
6.1.2 Colectas de larva por día	12
6.1.3 <i>Pequeña escala</i>	12
6.2 Diseño experimental	12
6.2.1 Modelo estadístico	13

6.2.1.1	Diseño de bloques al azar con submuestreo	13
6.2.1.2	Diseño de bloques al azar	13
6.3	Variables en estudio	14
6.3.1	Producción de huevo	14
6.3.2	Fertilidad de huevo	14
6.3.2.1	Porcentaje de eclosión	15
6.3.3	Recuperación larval	15
6.3.4	Peso de pupa	15
6.3.5	Porcentaje de pupa color blanco y café	15
6.3.6	Porcentaje de adultos emergidos	15
6.3.7	Porcentaje de adultos voladores	15
6.3.8	Porcentaje de recombinación en color de pupario	16
6.4	Análisis de la información.	16
6.5	Manejo del experimento	16
6.5.1	Obtención de materiales biológicos para llegar a la colonia sin tratamiento térmico (<i>Pequeña escala</i>)	16
6.5.1.1	Producción de huevo <i>pequeña escala</i>	17
6.5.2	Producción de huevo <i>gran escala</i>	18
6.5.3	Recuperación larval	18
7.	Resultados y discusión	20
7.1	Colonia sin tratamiento térmico	20
7.1.1	Producción de huevo	20
7.1.2	Fertilidad de huevo	21
7.1.3	Recuperación larval	22
7.1.4	Producción de pupas	22
7.1.4.1	Producción de pupas según el sexo	23
7.1.5	Porcentaje de pupa color café y blanca	24
7.1.6	Peso de pupa	26
7.1.7	Porcentaje de adultos emergidos y voladores	26
7.1.8	Recombinantes	30
7.1.8.1	Porcentaje de macho en pupa color blanco (hembras)	30
7.1.8.2	Porcentaje de hembra en pupa color café (machos)	31
7.2	Colonia con tratamiento térmico.	32
7.2.1	Fertilidad de huevo	32
7.2.2	Recuperación larval	33

7.2.3	Peso de pupa	35
7.2.4	Porcentaje de adultos emergidos y voladores	36
7.2.4.1	Porcentaje de individuos medio emergidos	36
7.2.4.2	Porcentaje de individuos emergidos y voladores	36
7.2.5	Recombinantes	38
7.2.5.1	Porcentaje de hembra en pupa color café (machos)	38
8.	Conclusiones	40
9.	Recomendaciones	42
10.	Bibliografía	44

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1. Proceso de magnificación de una cepa de sexado genético	8
Figura 2. Cromosoma 5 de Mosca del mediterráneo <i>Ceratitis capitata</i> W.	9
Cuadro 1. Descripción de las áreas de desarrollo larval, para producir cepas de Sexado genético en el Laboratorio El Pino, Guatemala	9
Cuadro 2. Descripción de las pruebas realizadas por escenario de acuerdo a cada colonia	14
Cuadro 3. Producción de huevo	20
Cuadro 4. Fertilidad de huevo	22
Cuadro 5. Recuperación larval	22
Cuadro 6. Proporción de pupa blanca (hembras)	25
Cuadro 7. Peso de pupas	26
Cuadro 8. Porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo	27
Cuadro 9. Porcentaje de adultos medio emergidos	29
Cuadro 10. Porcentaje de macho en pupa color blanco (hembras)	30
Cuadro 11. Porcentaje de hembra en pupa color café(machos)	31
Cuadro 12. Fertilidad de huevo	32
Cuadro 13. Recuperación larval (larvas/kg de dieta)	33
Cuadro 14. Peso de pupa (mg)	35
Cuadro 15. Porcentaje de individuos medio emergidos	36
Cuadro 16. Porcentaje de adultos emergidos y con habilidad de vuelo	37
Cuadro 17. Porcentaje de hembra en pupa color café (machos)	38

INDICE DE GRAFICAS

CONTENIDO	PAGINA
Gráfica 1. Comparación de la producción de huevo a gran escala de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	21
Gráfica 2. Comparación de la producción de huevo a pequeña escala de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	21
Gráfica 3. Comparación del volumen de larva colectado de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	23
Gráfica 4. Comparación del volumen de pupa colectado de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	23
Gráfica 5. Comparación de la producción de pupas según su sexo de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	24
Gráfica 6. Comparación de los porcentajes del color del pupario de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	25
Gráfica 7. Comparación del peso de pupa color café y blanca de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	27
Gráfica 8. Comparación del porcentaje de emergencia de hembras y machos de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	28
Gráfica 9. Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	28
Gráfica 10. Comparación del porcentaje de apareamiento de hembras en pupa color café de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	31
Gráfica 11. Comparación del porcentaje de apareamiento de machos en pupa color blanco de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia sin tratamiento térmico	32
Gráfica 12. Comparación del volumen de larva colectado de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	34
Gráfica 13. Comparación del volumen acumulado de larva colectada de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	34

Gráfica 14.	Comparación del peso de pupa color café de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	35
Gráfica 15.	Comparación del porcentaje de emergencia de los machos de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	37
Gráfica 16.	Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de los machos de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	38
Gráfica 17.	Comparación del porcentaje de apareamiento de hembras en pupa color café en la colonia con tratamiento térmico	39
Gráfica 18.	Comparación del porcentaje de emergencia de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	40
Gráfica 19.	Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	41
Gráfica 20.	Comparación del peso de pupa color café y blanca de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	42
Gráfica 21.	Comparación del porcentaje de emergencia de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	43
Gráfica 22.	Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	44
Gráfica 23.	Comparación del porcentaje de apareamiento de hembras en pupa color café de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	45
Gráfica 24.	Comparación del porcentaje de apareamiento de machos en pupa color blanco de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	46
Gráfica 25.	Comparación del porcentaje de emergencia de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	47
Gráfica 26.	Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de machos y hembras de las cepas Viena-4 y Viena-7 en la colonia con tratamiento térmico	48

"COMPARACIÓN DE LA CRÍA MASIVA DE DOS CEPAS DE SEXADO GENÉTICO DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO *Ceratitis capitata* Wiedemann, BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO."

"COMPARATION OF TWO MASS REARING MEDFLY, *Ceratitis capitata* Wiedemann, GENETIC SEXING STRAINS UNDER LABORATORY CONDITIONS."

RESUMEN

En el Laboratorio Internacional de cría y esterilización de mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. del Programa Moscamed de Guatemala con el fin de mejorar y eficientizar el control de dicho insecto se ha puesto en marcha la cría de cepas de sexado genético que se basan en la manipulación genética del cromosoma sexual Y y autosómico 5.

El aumento de la eficacia de la Técnica del Insecto Estéril (TIE) utilizando cepas de sexado genético radica en la producción y utilización de solamente machos, porque no existe la oportunidad de aparearse machos y hembras permitiendo así una mejor distribución de los insectos liberados. Con la liberación de insectos bisexuales existe reducción preferencial de cópula entre ellos, las hembras aún siendo estériles ovipositan en los frutos causando daños asociados a infecciones bacterianas u hongos.

Las cepas de sexado genético comparten el mismo mecanismo de sexado genético, sin embargo últimamente se ha venido hablando que existe mayor estabilidad genética y mejores características cuantitativas y cualitativas en aquellas cepas en donde el corte de los genes marcadores wp y tsl responsables de la mutación se realizó mucho más cerca de ellos y se colocaron más cerca del centrómero en el cromosoma sexual Y; se planteó la presente investigación con el propósito de encontrar la cepa con individuos de mejor calidad y buena estabilidad genética. Para el efecto se evaluaron dos tratamientos que fueron la cepa *Viena-4* y la cepa *Viena-7*. El material utilizado en el experimento fueron huevos, larvas, pupas y adultos de mosca del mediterráneo.

Posteriormente se procedió a preparar las pruebas de control de calidad que permitieron la evaluación del efecto de los tratamientos.

En la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizaron los diseños de bloques al azar y bloques al azar con submuestreo con dos tratamientos y diez repeticiones, y para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó un análisis de varianza y una prueba análisis de comparación de medias (Tukey) para determinar donde habían ocurrido las diferencias entre tratamientos, además los resultados obtenidos se compararon con los estándares internacionales de calidad utilizados para evaluar la calidad de la mosca del mediterráneo.

Al comparar el efecto de los tratamientos sobre las variables en estudio, se observó que en cuanto a la producción de huevo, larva y pupa no existieron diferencias significativas. También se observó que la calidad del huevo fue mejor en la cepa *Viena-7*.

Así mismo, se determinó que la calidad de los adultos fue mejor en el tratamiento cepa *Viena-7* presentando mejores porcentajes de emergencia y voladoras. Con lo referente a estabilidad genética o apareamiento de recombinantes no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Con respecto al apareamiento de individuos genéticamente desbalanceados hubo diferencia significativa presentando un mayor número de estos individuos el tratamiento cepa *Viena-4*.

Considerando la calidad, productividad y estabilidad genética de la cepa *Viena-7*, se considera que esta cepa es la más conveniente para reproducirla en el laboratorio a nivel masivo.

1. INTRODUCCION

En Guatemala como en otras regiones del mundo se utiliza la Técnica del Insecto Estéril (TIE) como parte del control biológico autocida para la supresión y/o erradicación de la Mosca del Mediterráneo (4).

La TIE originalmente se fundamentó en la liberación de insectos estériles, tanto machos como hembras. Más recientemente, se ha manejado el concepto de hacer aún más eficiente la TIE, mediante la liberación exclusiva de machos estériles y la no inclusión de hembras en dicho programa. Situación que ha originado líneas de investigación cuyo desarrollo se basa en la manipulación genética de los cromosomas sexual Y y autosómico 5 de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata W.*, que han permitido crear cepas tales como la TSL (sensibilidad letal de las hembras a la temperatura y pupario color blanco) que básicamente permite en una etapa temprana de su desarrollo (huevo) la separación por sexos, aprovechándose dicha circunstancia para poder producir únicamente machos (8).

En 1993, se inició en el Programa Moscamed de Guatemala la evaluación de cepas de sexado genético, y fue a partir de enero de 1997 que se llevó a cría masiva la cepa TSL, comenzando con una producción semanal de 60 millones hasta 500 millones actualmente (4).

Aunque su éxito ha sido sustantivo, se debió considerar a finales de 1998 el cambio de la cepa TSL *Viena-4*, debido a que como es normal en cualquier organismo vivo, en el revertimiento de las alteraciones de su genoma (mutaciones), existe la recombinación genética que genera una pérdida gradual de las propiedades del mecanismo de sexado genético. Esta pérdida se incrementa en cría masiva en donde millones de insectos son manejados, provocando la destrucción de dicho mecanismo; por lo que, trabajos de investigación avanzados, coincidieron en producir una cepa cuyas características principales fueran una mayor estabilidad genética y una mejor calidad de los individuos, dándose como consecuencia la aparición de la cepa TSL *Viena-7* (8).

En la presente investigación se realizó una comparación en cría masiva de las cepas TSL *Viena-4* y *Viena-7*, bajo las condiciones del laboratorio EL Pino del Programa Moscamed, situado en la aldea el Cernal, Barberena, Santa Rosa. Se tomó en cuenta la estabilidad de características deseables, tales como: baja recombinación (machos que efectivamente

emergen de pupa color café y hembras de pupa color blanco), y parámetros de control de calidad (porcentaje de voladoras, porcentaje de emergencia, peso); con el propósito de destacar la conveniencia de utilizar un material biológico con mejores características para ser utilizado en los programas de control biológico locales e internacionales basados en la Técnica del Insecto Estéril (TIE).

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la actualidad en el Programa Moscamed para mejorar y eficientizar el control de la Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata Wiedemann*), se ha puesto en marcha la cría de cepas de sexado genético que se basan en la manipulación genética del cromosoma sexual Y y el autosómico 5 (14).

El Laboratorio el Pino del Programa Moscamed maneja la cepa *Viena-4* a nivel masivo y se tiene en proceso de evaluación la cepa *Viena-7*; aunque ambas cepas comparten el mismo mecanismo de sexado, se considera que la cepa *Viena-7* es mucho más estable (bajos porcentajes de recombinantes) por poseer el corte de los genes marcadores más cerca de ellos y colocarlos mucho más cerca del centrómero en el cromosoma sexual Y, que lo que está en la cepa *Viena-4*; por lo que se cree que la cepa *Viena-7* será más eficiente en el proceso de cría masiva, así como también en el campo (14). Razón fundamental que sirvió como base para proceder a la siguiente etapa, que es la comparación del comportamiento de las cepas en estudio a nivel masivo y verificar si es conveniente sustituir la cepa *Viena-4* por la *Viena-7*; y lograr así, resolver de cierta forma los inconvenientes de inestabilidad genética que se dan en dicho proceso con la cepa *Viena-4*.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. DISTRIBUCION E IMPORTANCIA ENCONOMICA DE LA MOSCA DEL MEDITERRÁNEO

La Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata Wiedemann.*) es un insecto de suma importancia, especialmente para los países productores de fruta del mundo. Es originaria de Africa. En Guatemala se le encuentra principalmente en las zonas cafetaleras infestando plantaciones de café, guayaba, mandarina, zapote, caimito, carambola, toronja, naranja dulce, y mango. Se considera al café como su hospedero primario (7).

La mosca del mediterráneo hizo su aparición en el área Centroamericana en el año de 1955, siendo detectada en las cercanías de San José, capital de la república de Costa Rica. En 1962 se había establecido en Panamá y Nicaragua. Su dispersión siguió hacia los demás países centroamericanos, detectándose en El Salvador y Guatemala en 1975, y finalmente a principios de 1977 se detectó en Chiapas, México (12).

El daño que causa la mosca del mediterráneo es provocado por las hembras que ovipositan dentro de los frutos. Las hembras ovipositan a través de la cáscara de la fruta, poniendo sus huevos uno por uno o en grupos (masas). Al eclosionar las larvas se alimentan del fruto, manteniéndose dentro, lo cual se manifiesta al abrir el fruto. El daño ocasionado al fruto, a la vez, permite la entrada de hongos y bacterias que provocan su pudrición (15).

La mosca del mediterráneo se considera una plaga perjudicial para los frutales, y el peligro mayor estriba en que tiene muchos hospederos, incluyendo hortalizas. Este insecto, soporta condiciones sumamente variables, que por lo general otras especies de moscas de la frutas no resisten. En Guatemala el fruto del café se considera como su principal hospedero, aunque infesta grandemente los cítricos, siendo estos donde mayor daño ocasiona. Es por ello que los países productores de fruta tratan por todos los medios de impedir que se introduzca y se establezca en su territorio (6).

3.1.2. CLASIFICACION TAXONOMICA (6)

Phyllum:	Arthropoda
Sub-phyllum:	Mandibulata
Clase:	Insecta
Subclase:	Pterygota
División:	Endopterygota
Orden:	Díptera
Familia:	Tephritidae
Género:	<i>Ceratitis</i>
Especie:	<i>Ceratitis capitata Wiedemann.</i>

3.1.3. SEXADO GENETICO

La determinación del sexo en *Ceratitis capitata* Wiedemann se basa en la presencia o ausencia del cromosoma Y, este cromosoma transporta un factor que determina el sexo masculino. Basados en este conocimiento, los actuales mecanismos de sexado se basan en la existencia de una translocación cromosómica recíproca, la cual incluye necesariamente al cromosoma Y (que transporta el factor de determinación del sexo) y un autosomía que transporta los genes dominantes homólogos a los recesivos que son utilizados como marcadores para diferenciar el sexo. Si esto ocurre, los machos que transportan el nuevo arreglo también transportarán los genes que son dominantes. Los genes recesivos entonces, podrán ser usados como marcadores y ser empleados para la construcción del sistema de diferenciación genética de sexos (13).

3.1.4. VENTAJAS DEL SEXADO GENETICO

El sistema de sexado basado en la sensibilidad letal a la temperatura (gen tsl) es preferido en comparación de la utilización de otro tipo de marcador debido a que mediante un simple baño de maría (temperatura de 34°C por 12-24 horas) se pone de manifiesto la acción de dicho gen. Además, otras ventajas son que: 1) no es necesario equipo sofisticado, ni productos químicos para inducir la separación de sexos, 2) permite un 100% de eficiencia de separación de machos y hembras y 3) permite la separación en una etapa temprana de desarrollo (huevo) evitando la cría innecesaria de hembras y su posterior separación y descartado (16).

3.1.5. CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE SEXADO GENETICO

El sistema de sexado genético usado para la mosca del Mediterráneo consta de dos componentes principales: a) Una mutación autosomal recesiva que puede ser usada como marcador genético y que sirve como discriminante, y b) Una translocación cromosómica recíproca entre el cromosoma Y y el autosoma que transporta el alelo dominante del gen recesivo usado como marcador (9).

Es así como la translocación genética ($5^Y; Y^5$), comúnmente conocida como TSL se fundamenta en la selección de dos genes mutantes recesivos, uno que actúa con una sensibilidad letal al tratamiento térmico (gen *tsl*) y el otro que permite la diferenciación del sexo en el estado de pupa, siendo las pupas blancas (*wp*) las hembras y las pupas cafés (*wp*⁺) los machos (9).

3.1.6. AISLAMIENTO DE LA MUTACION "tsl"

Para inducir a la mutación *tsl*, las moscas del mediterráneo fueron tratadas en el estado adulto con el químico mutagénico etil-metano-sulfanato (EMS), al estar los cromosomas tratados en estado homocigoto, se utilizaron varios niveles de temperatura con el fin de identificar familias con dependencia letal a la temperatura por medio de la viabilidad de los huevos. De esa manera fue identificada una familia con una mutación que se caracteriza porque las moscas en el estado de huevo presentan una Sensibilidad Letal a la Temperatura *tsl*, en el rango de los 31 a los 34 °C (10).

Adicionalmente a la mutación *tsl*, esta cepa también posee una mutación del color café normal de las pupas (mutación *wp*), que se manifiesta en el pupario blanco en las pupas hembra. Esto permite verificar si en el tratamiento de temperatura ha sido exitoso o no (11).

3.1.7. TRANSLOCACIONES CROMOSOMICAS

El término translocación es usado para describir cualquier nuevo arreglo entre cromosomas no homólogos, en los cuales los segmentos transportados pueden ser grandes o pequeños, iguales o desiguales. Dos tipos son encontrados comúnmente en la naturaleza; en uno de ellos ocurre un cambio recíproco entre los segmentos terminales de dos elementos no homólogos

(translocación recíproca). El otro comprende esencialmente el cambio de los brazos y denominada fusión desigual. El símbolo general para translocaciones es la letra T, seguida de la identificación de los dos cromosomas entre paréntesis y separados por punto y coma, por ejemplo {T(Y;X;2;3;4;5;6)} (8).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Producción y Esterilización de Mosca del Mediterráneo El Pino, localizado en el Km 45 de la carretera hacia El Cernal, Barberena, Santa Rosa.

3.2.2. CRIA MASIVA DE "TSL" EN GUATEMALA

Debido a la presencia de la mutación "tsl", dos sistemas de cría deben ser considerados: un sistema de cría que permita mantener *las colonias sin tratamiento térmico (colonia de filtro, iniciación, inyección y liberación)* y un sistema que permita la producción final de *únicamente machos (colonia con tratamiento térmico)* (Figura. 1) (4).

La diferencia básica entre los dos sistemas es que las colonias sin tratamiento térmico deben permanecer en todo el ciclo biológico a una temperatura no superior a 25 °C para evitar daños a las hembras, que por ser tsl son sensibles a la temperatura. En el caso de la producción de machos (colonia con tratamiento térmico), a éstos se les pueden proporcionar temperaturas superiores a los 25 °C, de hecho los huevos deben ser tratados térmicamente durante el período de incubación a 35 °C, con el objeto de la aniquilación de las hembras (4).

PROCESO DE CRIA MASIVA DE UNA CEPA DE SEXADO GENETICO DE MOSCA DEL MEDITERRANEO *Ceratitis capitata* W. EN EL LABORATORIO EL PINO, DEL PROGRAMA MOSCAMED.

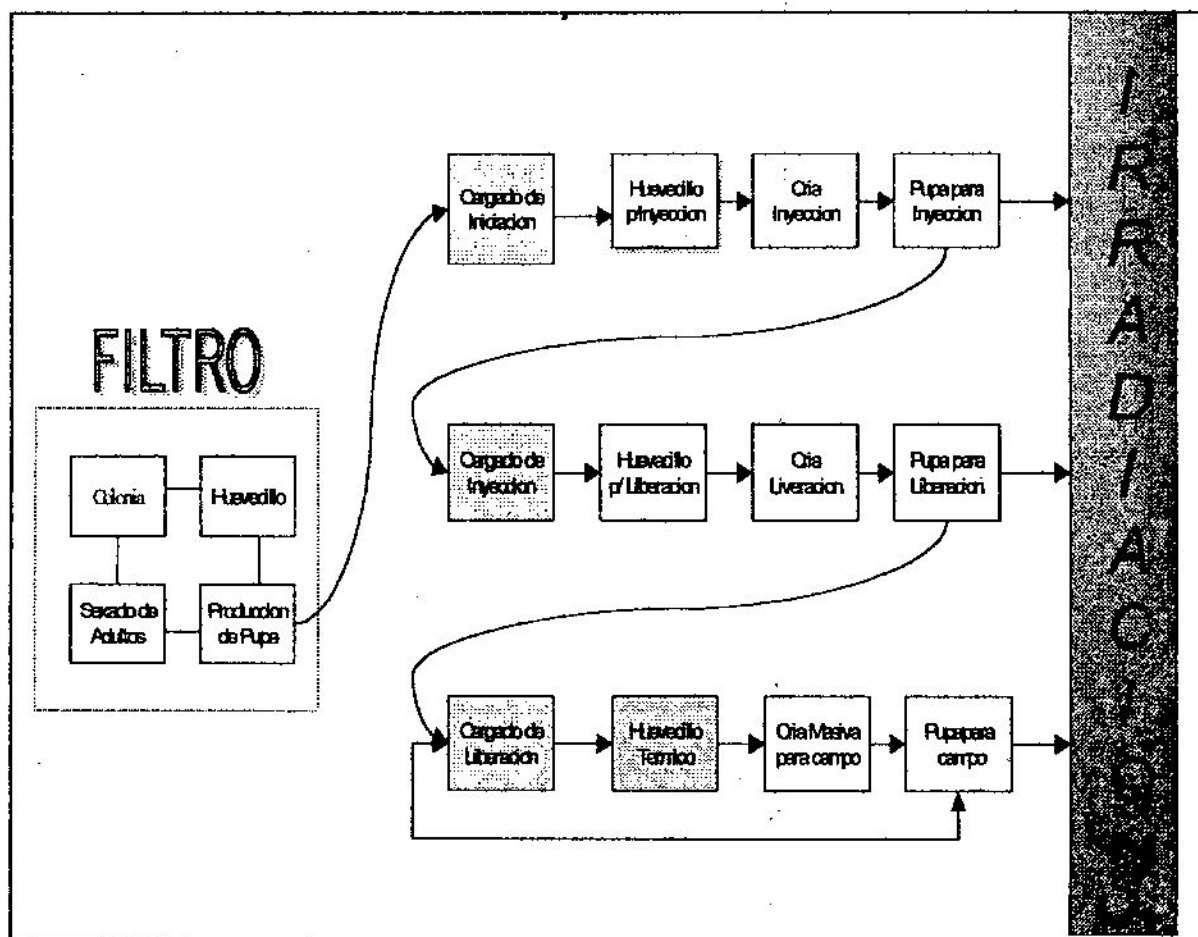


Figura 1. Proceso de magnificación de una cepa de sexado genético. FUENTE. Ing. Agr. Efraín Sosa, Programa Moscamed.

3.2.2.1. CONDICIONES AMBIENTALES

El ambiente en el cual se llevó a cabo el experimento fue en condiciones de laboratorio, donde la temperatura y humedad se mantuvieron bajo control todo el tiempo, de acuerdo a los requerimientos de cada una de las etapas de desarrollo del insecto (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Descripción de las áreas de desarrollo larval, para producir cepas de sexado genético. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

Descripción del Area	COLONIA SIN TRATAMIENTO TERMICO			COLONIA CON TRATAMIENTO TÉRMICO		
	Temperatura °C	% Humedad Relativa	Tiempo de estancia	Temperatura °C	% Humedad Relativa	Tiempo de estancia
Incubación	25	100	24 hrs	32	100	48 hrs
Reproductores	23	60-65	10 días	--	--	--
Iniciación larval	25	100	72 hrs	32	100	48 hrs
Maduración larval I	23	>70	48 hrs	27	>70	24 hrs
Maduración Larval II	21	>70	24 hrs	25	>70	24 hrs
Colecta	20	>70	72 hrs	20	>70	36 hrs
Pupación	19	>70	6 días	19	>70	6 días
Maduración de Pupa	19	65-75	10 días	19	65-75	4 días

3.2.3. ORIGEN DE LAS CEPAS

La cepa *Viena-7* fue descrita por primera vez en 1995 y la translocación en el punto de ruptura fue seguidamente mapeado y mostró estar muy cerca de los genes *wp* (figura 2). Esta cepa muestra una baja sobrevivencia de los triploides y una baja frecuencia de recombinación, aunque la recombinación es un poco más alta que la cepa *Viena-6*. Sin embargo la producción de recombinantes y la subsecuente acumulación durante cría masiva es mucho mas baja que la de cepa *Viena-6*.

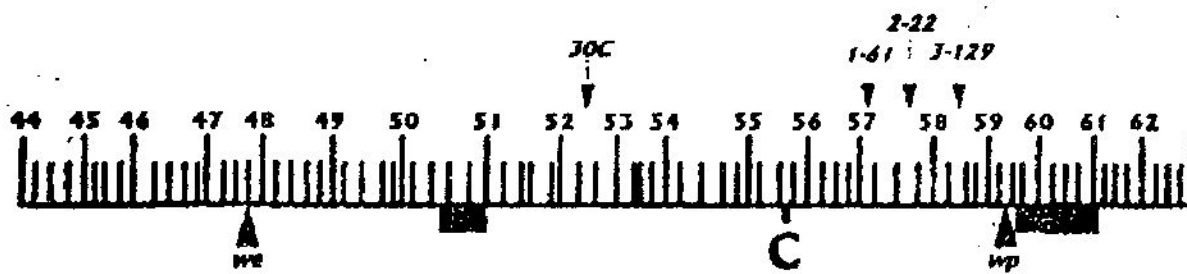


Figura 2. Cromosoma 5 de Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. C= centrómero, wp = gen marcador, 1-61= translocación para *Viena-4*, 3-129 = translocación para *Viena-7*. Agencia Internacional de Energía Atómica, Seibersdorf, Viena, Austria.

La translocación en el punto de ruptura para *Viena-4* fue mapeado y mostró estar más lejos del gen *wp*, contrario de *Viena-7* (figura 2). Esta cepa muestra una mayor sobrevivencia de la descendencia de los triploides y una baja frecuencia de recombinación.

Ambas cepas fueron introducidas al Programa Mosamed de Guatemala a través de la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) de Viena Austria. En Guatemala se han colectado algunos materiales silvestres, tal es el caso de la cepa silvestre Tolimán (por el nombre del lugar en donde se colectó). Estos materiales silvestres fueron cruzados con las cepas *Viena-7* y *Viena-4* provenientes de Austria con el propósito de la incorporación del genoma en las inducciones mutagénicas de las cepas.

Es de esta forma que el Laboratorio El Pino del Programa Mosamed ha criado hasta la fecha ambas cepas (Tolimán *Viena-4*, Tolimán *Viena-7*).

OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Comparar la eficiencia de las Cepas de Sexado Genético *Viena-7* y *Viena-4* de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* W. en sus distintos estados de desarrollo bajo condiciones de laboratorio.

4.2. ESPECIFICOS

1. Establecer la diferencia en cuanto a la eficiencia de producción de huevos, larvas y pupas, existente entre las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* W., producidas mediante el sexado genético, en las condiciones del Laboratorio El Pino del Programa Moscamed.
2. Establecer la diferencia en cuanto a la fertilidad de los huevos, porcentaje de emergencia, habilidad de vuelo y porcentaje de recombinantes, existente entre las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de la Mosca del Mediterráneo, producidas mediante el sexado genético, en condiciones del Laboratorio El Pino del Programa Moscamed.
3. Determinar la estabilidad genética de las cepas de Mosca del Mediterráneo, *Viena-7* y *Viena-4*, a través de los porcentajes de recombinación en el proceso de la Cría Masiva en las condiciones del Laboratorio El Pino del Programa Moscamed.

5. HIPOTESIS

1. La cepa *Viena-7* superará en calidad en sus distintos estados de desarrollo a la cepa *Viena-4*.
2. La cepa *Viena-7* tendrá mayor estabilidad genética que la cepa *Viena-4* durante el proceso de cría masiva, lo cual se manifestará en sus bajos porcentajes de recombinantes.

6. METODOLOGIA

6.1. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados en la presente investigación trataron la evaluación comparativa de las cepas de sexado genético *Viena-4* vrs *Viena-7*, en las colonias finales del proceso de magnificación como lo son la colonia sin tratamiento térmico y la colonia con tratamiento térmico, para poder observar el comportamiento de las cepas en ambas colonias y cumplir con el objetivo principal que fue su evaluación en cría masiva. Por lo que se utilizaron tres escenarios, dos que correspondieron a **Gran escala** (*Colectas de larva a cada hora y colectas de larva por día*) y uno que correspondió a **Pequeña escala** (*Colectas de larva por día*), que permitieron evaluaciones tanto a nivel pequeño como generalizadas, en tal sentido se describen a continuación cada uno de ellos:

6.1.1. Colectas de larva a cada hora; este escenario se utilizó para observar el comportamiento larval con mayor precisión y su objetivo era identificar la calidad de los individuos en cortos períodos de tiempo (recolección de larvas cada hora) y así determinar los límites de calidad, al llevarse este al proceso normal (colectas de larva diarias), tratando entonces de mejorar la técnica actual de cría masiva.

6.1.2. Colectas de larva por día; este escenario tuvo como propósito el acercarnos a las condiciones de la rutina diaria actual, tal como se realiza en cría masiva, con el objetivo de determinar el comportamiento de ambas cepas a este tipo de manejo, obteniendo un comparador real de producción y calidad.

6.1.3. Pequeña escala (colectas de larva por día); con el fin de obtener datos sobre la capacidad real de cada cepa en estudio se utilizó este escenario, el cual permitió establecer la cantidad de huevo por hembra, su calidad y productividad, así mismo se pudo dar seguimiento a estos materiales para evaluar la calidad de los adultos.

6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Las condiciones de la planta de producción para cada lote de pupa producida se mantienen lo más homogéneo posible, por lo que la investigación contempló la utilización de dos diseños

experimentales para los escenarios en estudio, el diseño de bloques al azar con submuestreo y el diseño de bloques al azar, con 10 repeticiones.

6.2.1. MODELO ESTADÍSTICO

6.2.1.1. DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SUBMUESTREO

Este diseño se utilizó para evaluar los resultados de los tres escenarios donde por ser volúmenes grandes de material biológico producido, se tomaron muestras y a estas se les efectuaron las pruebas de calidad tales como fertilidad, recombinación, habilidad de emerger y volar, peso de pupa, las cuales se describen posteriormente en la sección de variables en estudio.

Modelo Estadístico: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \xi_{ij} + N_{ijk}$ donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta en la k-ésima muestra de la j-ésima repetición de la i-ésima cepa.

μ = Media general

τ_i = Efecto de la i-ésima cepa

β_j = Efecto del j-ésimo día

ξ_{ij} = Error experimental en la i-j-ésima jaula

N_{ijk} = Error de muestreo dentro de la i-j-ésima jaula.

6.2.1.2. DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Bloques al azar fue utilizado para las variables de producción: litros de larva, ml de huevo, donde podía realizarse un conteo más fácil en cada uno de los escenarios analizados.

Modelo Estadístico: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \xi_{ij}$, donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en el ij-ésimo anaquel

μ = Media general

τ_i = Efecto de la i-ésima cepa

β_j = Efecto del j-ésimo día

ξ_{ij} = Error experimental asociado al ij-ésimo anaquel

6.3. VARIABLES EN ESTUDIO

A continuación se presenta la distribución de pruebas que se realizaron para cada cepa por colonia y escenario de estudio (cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas realizadas por escenario de acuerdo a cada colonia.

VARIABLES	VIENA-7				VIENA-4			
	Sin		Con		Sin		Con	
	Gran	Pequeña	Gran	Pequeña	Gran	Pequeña	Gran	Pequeña
Tratamiento Térmico								
Producción de huevo	X	X			X	X		
Fertilidad de huevo	X	X	X	X	X	X	X	X
Recuperación larval cada 24 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Recuperación larval cada hora	X		X		X		X	
Porcentaje de pupa blanca y café	X	X			X	X		
Peso de pupa	X	X	X	X	X	X	X	X
% de Adultos Emergidos y Voladores	X	X	X	X	X	X	X	X
Porcentaje de recombinación en color de pupario	X	X	X	X	X	X	X	X

6.3.1. Producción de huevo

Esta variable respuesta se midió en mililitros de huevo/jaula (Colectas de huevo por día) y se obtuvo del promedio de producción diario de 10 jaulas tipo anaquel durante 10 días de colecta. La variable respuesta huevos/hembra (*Pequeña escala*) se obtuvo del promedio de producción diario de 30 vasos durante 20 días de colecta.

6.3.2. Fertilidad de huevo

La variable fertilidad se obtuvo del porcentaje de huevos eclosionados y permitió conocer si las hembras fueron fecundadas por los machos en las jaulas de oviposición, midiendo la capacidad de las hembras a producir huevos viables que finalmente se transforman en larvas. Las dos formas de medirlo se presentan a continuación.

6.3.2.1. Porcentaje Eclosión

Del huevo colectado cada día (huevo de 24 horas) se tomó una muestra, de la que se elaboró un montaje con 100 huevos, posteriormente al cuarto día se procedió a la lectura y se contó el número de huevos eclosionados, este dato correspondió al porcentaje de eclosión.

6.3.3. Recuperación Larval

Esta variable se midió dividiendo el número de litros de larva producidos dentro de la cantidad de kilos de dieta utilizados.

6.3.4. Peso de Pupa

El peso de pupa se calculó del promedio obtenido de tres réplicas de 2 ml cada una, donde se pesaron las pupas contenidas en los 2 ml y posteriormente se contó el total de pupas, el peso de los 2 ml se dividió por el total de pupas contenidas en este y se obtuvo el primer peso, este mismo procedimiento se repitió dos veces adicionales y finalmente se promediaron los tres pesos obtenidos para reportar el peso final de cada muestra.

6.3.5. Porcentaje de pupa color blanca y café

Se tomó una muestra de diez mililitros de pupa y se clasificó de acuerdo al color (Pupario blanco y Pupario café, Pupa negra), se contaron las pupas de cada color y se sacó el gran total, el cual se dividió posteriormente al total de pupas de cada color.

6.3.6. Porcentaje de Adultos Emergidos

El porcentaje de adultos emergidos se calculó del promedio obtenido de 4 réplicas de 100 pupas que se pusieron a emerger, de donde se contaron los individuos emergidos, no emergidos y medio emergidos.

6.3.7. Porcentaje de Adultos voladores

El porcentaje de adultos con habilidad de vuelo se calculó del promedio obtenido de 4 réplicas de 100 pupas que se pusieron a emerger, de donde se contaron los individuos deformes y no voladores.

6.3.8. Porcentaje de recombinación en color de Pupario

Para la medición de dicha variable se colocaron 500 pupas a emerger de las que se contaron los adultos emergidos, medio emergidos y los deformes, revisando el sexo de cada uno.

6.4. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Se procedió a realizar el análisis de varianza respectivo para cada variable analizada para cada cepa y colonia, para determinar si existía diferencia significativa entre los tratamientos (cepas). En las variables donde se determinaron diferencias estadísticas significativas se les practicó la prueba de comparación medias (Tukey) para conocer el mejor tratamiento (cepa).

Otra forma de análisis de la información fue la interpretación gráfica de los resultados, porque se analizaba la probabilidad de encontrar tecnología actualizada que pudiera brindar apoyo a las técnicas ya existentes. En análisis de los datos, se utilizaron los parámetros de calidad internacionales vigentes (USDA/Aphis) y datos bibliográficos establecidos por investigadores.

6.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.5.1. Obtención de los materiales biológicos para establecer la colonia sin tratamiento térmico (pequeña escala)

Se obtuvieron pupas provenientes de filtro (pupas para iniciación), se midieron 30 ml de pupas color café (machos) de una primer colecta y 50 ml de pupas color blanco (hembras) de una tercera colecta, estas pupas fueron llevadas al área de cepas nuevas (área donde se mantienen las cepas que están en investigación a pequeña escala).

24 horas antes de su emergencia, las pupas fueron colocadas dentro de una jaula tipo plexiglás a la que se le colocó su respectivo alimento y bebederos, también se les colocó el canal con agua para recibir los huevos producidos; al cuarto día, se empezaron a colectar los huevos, se realizaron únicamente tres colectas con el objetivo de llegar a la colonia sin tratamiento térmico (colonia liberación). De los huevos colectados se midió 1ml, que se sembró en una sandwichera conteniendo 1 kg de dieta, se realizaron tres siembras, una por cada día, al séptimo día después de la siembra se recuperaron las pupas, para ello se colocó la sandwichera dentro de una charola negra conteniendo aserrín, después de seis días se

separaron las pupas del aserrín, para lo cual se utilizó un tamizador; luego, las pupas se colocaron en cajas petri grandes las que llevan un cedazo en la parte superior para permitir la entrada de oxígeno.

48 horas antes de la emergencia, se separaron las pupas de color café de las pupas de color blanco, de estas pupas se midieron 30 ml de pupas de color café y 50 ml de pupas de color blanco, para realizar el próximo cargado, que fue la colonia de Inyección en donde se realizó todo el procedimiento anterior. De la pupa de Inyección se midieron 30 ml de pupas color café y 50 ml de pupa color blanco y se colocaron en una jaula plexiglás, que posteriormente proporcionó pupas para la colonia sin tratamiento térmico (colonia de Liberación).

De las pupas de la colonia sin tratamiento térmico (liberación) se midieron 30 ml de pupas color café y 50 ml de pupas color blanco y se colocaron dentro de una jaula plexiglás, de los huevos obtenidos de dicha colonia se realizaron 10 siembras, una por cada día, lo que proporcionó el material biológico necesario para medir las variables de: fertilidad de huevo, peso de pupa, relación de color de pupario, porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo, y recombinantes.

Para la colonia sin tratamiento térmico (machos térmico) con pupas provenientes de la colonia sin tratamiento térmico (liberación) se cargó otra jaula plexiglás con 30 ml de pupas color café y 50 ml de pupas color blanco, se realizaron 10 colectas de huevos a los que se le aplicó el tratamiento térmico de 34 °C en una Videoclimática graduada, con dichos huevos se realizaron 10 siembras, una por día, lo que proporcionó el material biológico necesario para medir las variables de: fertilidad de huevo, peso de pupa, emergencia y habilidad de vuelo, y recombinantes.

6.5.1.1 Producción de huevo Pequeña escala

De las pupas obtenidas de la colonia sin tratamiento térmico (liberación), se tomaron pupas color café y color blanco, por separado y se depositaron en cajas petri, 24 horas antes de su emergencia, éstas se colocaron dentro de jaulas de plexiglás con su panecillo y bebedero. Al tercer día de la emergencia se seleccionaron machos y hembras, colocando 5 hembras y 15 machos en vasos plásticos pequeños, los vasos se colocaron encima de un canal, 5 vasos por canal, a los vasos se les colocó adentro un pedazo de panecillo, además un pedazo de esponja

que tenía contacto con el agua del canal para que las moscas pudieran beber agua, debajo de cada vaso se colocó una caja petri conteniendo una esponja y papel filtro humedecido para recibir los huevos.

Se tuvieron 30 vasos por cada cepa. Al momento que se vio que ya habían huevos, éstos se colectaron de las cajas petri, con la ayuda de un estereoscopio y un pincel, alineando y contando los huevos contenidos en las 60 cajas petri, dicha operación se realizó durante 20 días, tiempo en el cual la producción de huevo comenzó a disminuir considerablemente.

6.5.2. Producción de huevo a Gran escala

Se tomaron 10 jaulas en producción, las cuales fueron cargadas en forma intercalada de manera que siempre se mantuvieron las 10 en producción. Se utilizaron jaulas grandes tipo anaquel en las que se colocaron 2.23 litros de pupa color blanco y 0.338 litros de pupa color café, en una relación de un macho por cada 7 hembras, se les colocó su panecillo (azúcar + proteína hidrolizada) para su alimentación, también se les colocaron los tubos como bebederos. Posteriormente las jaulas fueron llevadas al área de reproductores en donde se les colocó en el exterior y la parte más baja de la jaula cuatro canales de aluminio con agua con el propósito de colectar en estos los huevos puestos por las hembras. Las jaulas fueron expuestas a un fotoperíodo de 15 horas luz.

Al sexto día de su colocación de los canales, haciendo uso de una probeta especial de medición de huevos y una cubeta plástica se colectaron los huevos, se dejó que los huevos se asentaran y posteriormente se procedió a vaciar la mayor cantidad posible de agua para luego, y haciendo uso de un colador y la probeta se procedió a vaciar los huevos dentro de la probeta y luego se midió el volumen colectado durante ese día, dicha actividad se realizó durante 10 días (10 colectas) siendo el período normal que pasan las jaulas en oviposición en el proceso de cría masiva. La colecta se realizó de las 10 jaulas y luego se obtuvo un promedio de producción por jaula.

6.5.3. Recuperación larval (larvas/kg dieta)

Para la medición de esta variable, en la colonia sin tratamiento térmico se sembraron 40 bandejas plásticas a una densidad de 4 ml de huevo/5kg de dieta, para el caso de la colonia

con tratamiento térmico se sembró a una densidad de 7.5 ml de huevo/5kg de dieta y también se sembraron 40 charolas de cada cepa.

Posteriormente las bandejas plásticas conteniendo los huevos se pasaron por las áreas correspondientes (ver cuadro 1). Para la colonia sin tratamiento térmico en colectas de larva a cada hora se realizaron 65 colectas (65 horas de colecta) mientras que para colectas de larva por día, se realizaron 4 colectas (una por día) . Para la colonia con tratamiento térmico para colectas de larva a cada hora se realizaron 54 colectas (54 horas de colecta) mientras que para colectas de larva por día se realizaron 3 colectas (cada 12 horas). Las larvas colectadas fueron llevadas al área de pupación, posteriormente se separaron las pupas del aserrín, y se colocaron en cribas, que se colocaron en anaqueles. Los anaqueles fueron llevados al área de maduración de pupa, lo que proporcionó el material biológico necesario para medir las variables correspondientes a colectas a cada hora y colectas por día, 24 y 48 horas antes de la emergencia se tomaron los materiales necesarios para realizar las pruebas correspondientes.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

La presentación de resultados fue dividida en colonia sin tratamiento térmico y colonia con tratamiento térmico, para analizar de mejor manera los datos del comportamiento de ambas cepas, de acuerdo a cada uno de los diversos escenarios, tal como se describieron en la metodología.

7.1. COLONIA SIN TRATAMIENTO TERMICO

7.1.1. PRODUCCIÓN DE HUEVOS

En la cantidad de huevo producido para las dos cepas a *Gran escala* y a *Pequeña escala* (cuadro 3), no existieron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo la producción de huevos en *Viena-7* a *gran escala* mostró una leve ventaja que traducida a nivel masivo podría ser ventajosa.

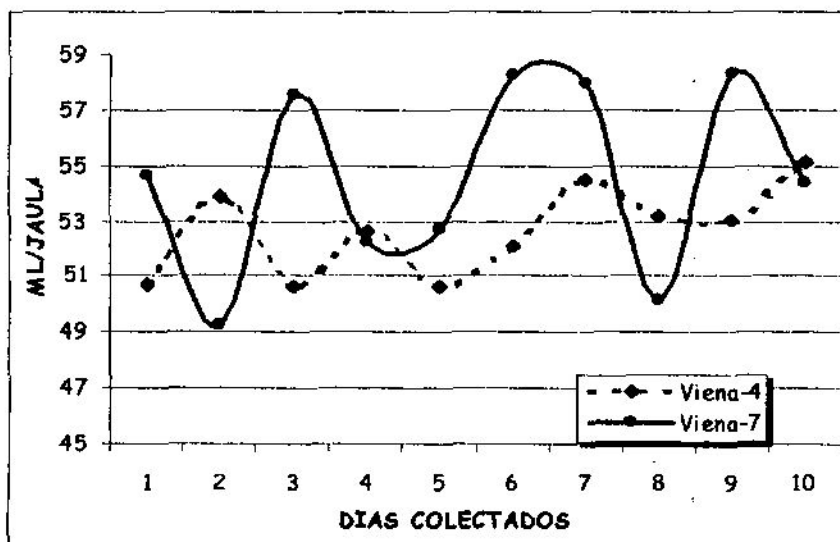
Cuadro 3. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) de la producción de huevos. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

GRAN ESCALA ml huevo/Jaula		PEQUEÑA ESCALA Huevos/hembra	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
54.53a	52.64a	27.65a	29.44a

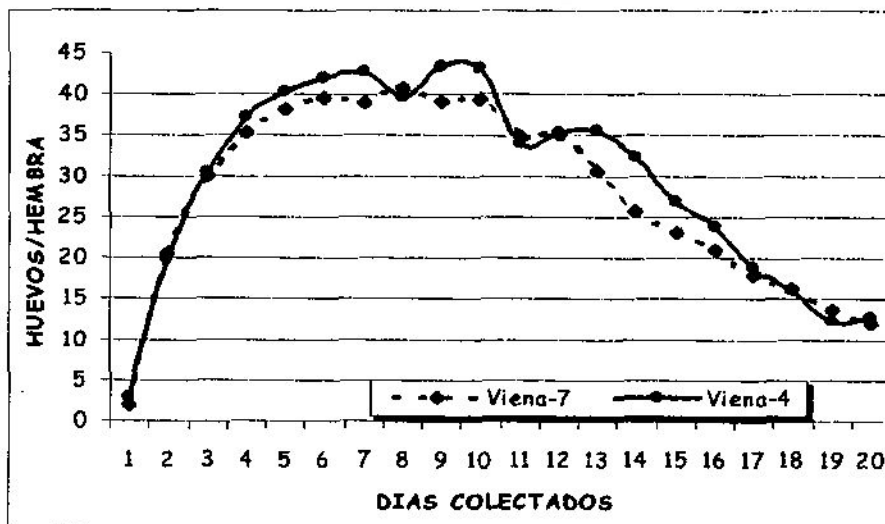
Esta condición no pudo sostenerse en la producción de huevos a *pequeña escala*, ya que en este caso *Viena-4* produjo mayor cantidad de huevos por hembra, esto podría explicarse debido al manejo de las poblaciones, pues a *pequeña escala* se colocaron adultos emergidos y voladores y a *gran escala* se colocaron pupas que son diferenciadas con base al color del pupario, discriminándose de esta forma la cantidad y calidad real de las hembras dentro de las jaulas.

En el comportamiento de la producción total de huevos a *gran escala* (Gráfica 1), se determinó una mayor estabilidad productiva/día en *Viena-4*, no así en *Viena-7*, cuyas variaciones denotan amplios rangos diarios que dan la diferencia productiva promedio total entre ambas cepas. Ahora bien, si se analizan los contrastes obtenidos entre el comportamiento gráfico y la producción promedio total se puede decir que la ventaja en valores de producción podría no ser real, ya que en la gráfica 2, donde se hace referencia a huevos por hembra (*pequeña escala*), el registro gráfico para ambas cepas fue similar,

obteniéndose una producción similar de huevo. Entonces la decisión a nivel masivo dependería de la estabilidad que se quisiera manejar.



Gráfica 1. Comparación de la producción de huevo a *gran escala* de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.



Gráfica 2. Comparación de la producción de huevo *Pequeña escala* de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

7.1.2. FERTILIDAD DE LOS HUEVOS

La evaluación de la fertilidad a través del cálculo de la eclosión es importante al evaluar los huevos colectados. Cuando se analizó la fertilidad de los huevos para *Gran escala* y *pequeña escala*, se determinó que en ambos casos la cepa *Viena-7* fue superior estadísticamente en calidad a *Viena-4*, (cuadro 4.).

Cuadro 4. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) de la fertilidad de los huevos. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

GRAN ESCALA		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
59.31 ^a	54.31 ^b	66.17 ^a	59.1 ^b

7.1.3. RECUPERACION LARVAL

Para analizar la variable producción de larvas se utilizó la variable recuperación larval (lt de larva/kg de dieta); los datos que se presentan son el resultado de utilizar una densidad de siembra de 4 ml de huevo/5kg de dieta (Cuadro 5).

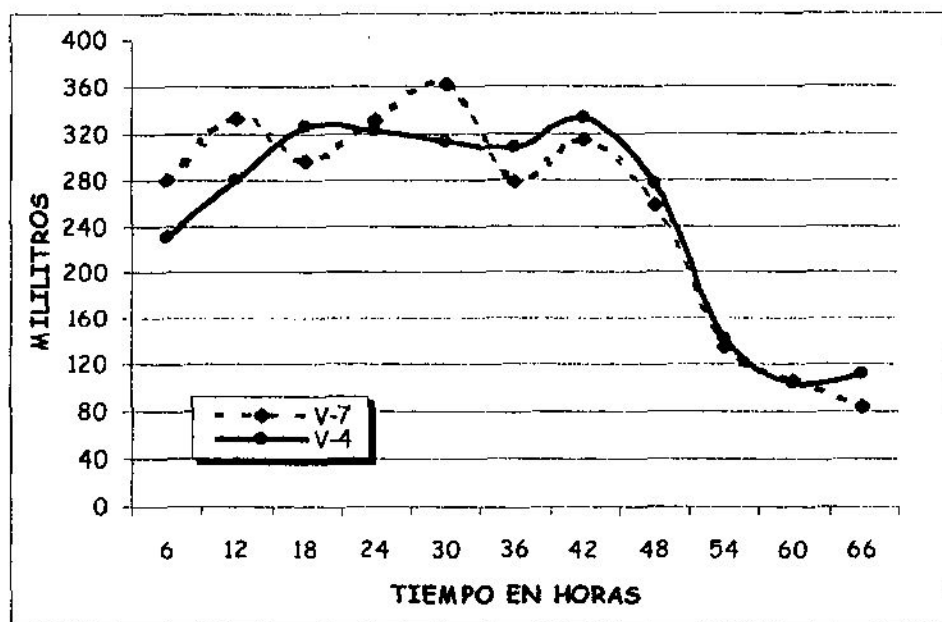
Cuadro 5. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) de la recuperación larval. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

COLECTAS A CADA HORA		COLECTAS DIARIAS	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
0.11 ^a	0.11 ^a	0.13 ^b	0.15 ^a

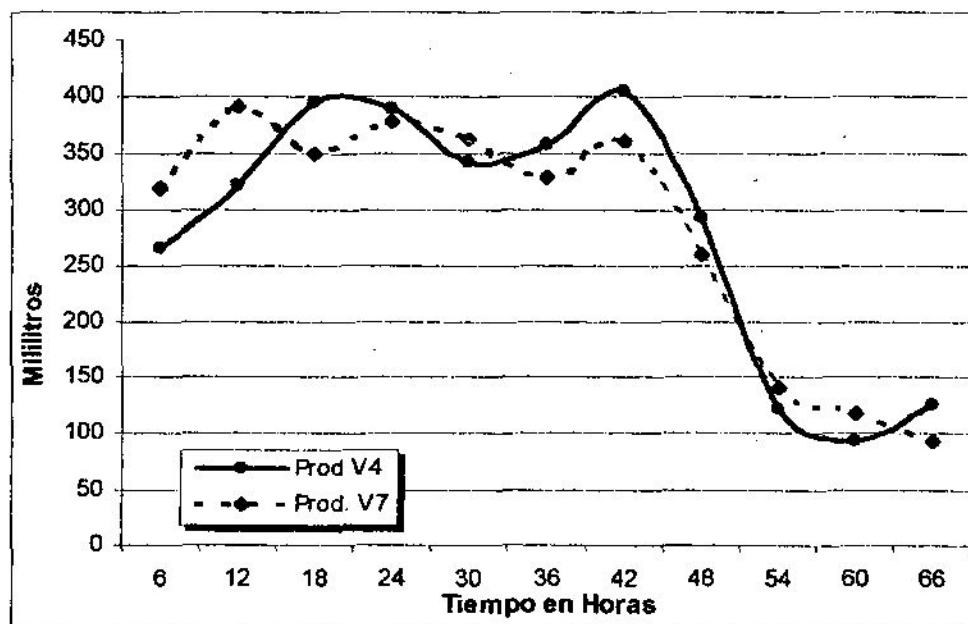
Para esta variable se determinó que *Viena-4* superó las producciones promedio total de larvas en colectas diarias. Para el caso de colectas a cada hora no hubo diferencias estadísticas significativas entre las cepas. Se observó (Gráfica 3) que el comportamiento entre ambas cepas fue similar y aproximadamente a partir de las 42 horas de colecta el material inicia un descenso drástico, es importante recalcar que *Viena-7* es más variable en la recuperación de larvas durante todo este lapso, mientras *Viena-4* es más regular.

7.1.4. PRODUCCION DE PUPAS

Con respecto a los volúmenes de pupa colectados, para la cepa *Viena-4* puede apreciarse (Gráfica 4) que inicialmente éstos fueron inferiores a los de *Viena-7* durante las primeras 16 horas, cuando las cantidades de pupa colectadas para las dos cepas es similar. A partir de este punto (16 horas), en términos generales se puede decir que la producción de *Viena-4* fue superior a la de *Viena-7* hasta las aproximadamente a las 43 horas. A partir de este punto (43 horas), la producción de pupa para ambas cepas empieza a declinar gradualmente, hasta situarse aproximadamente en 125 ml para *Viena-4* y 90 ml para *Viena-7* a las 66 horas.



Gráfica 3. Comparación del volumen de larvas colectadas de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

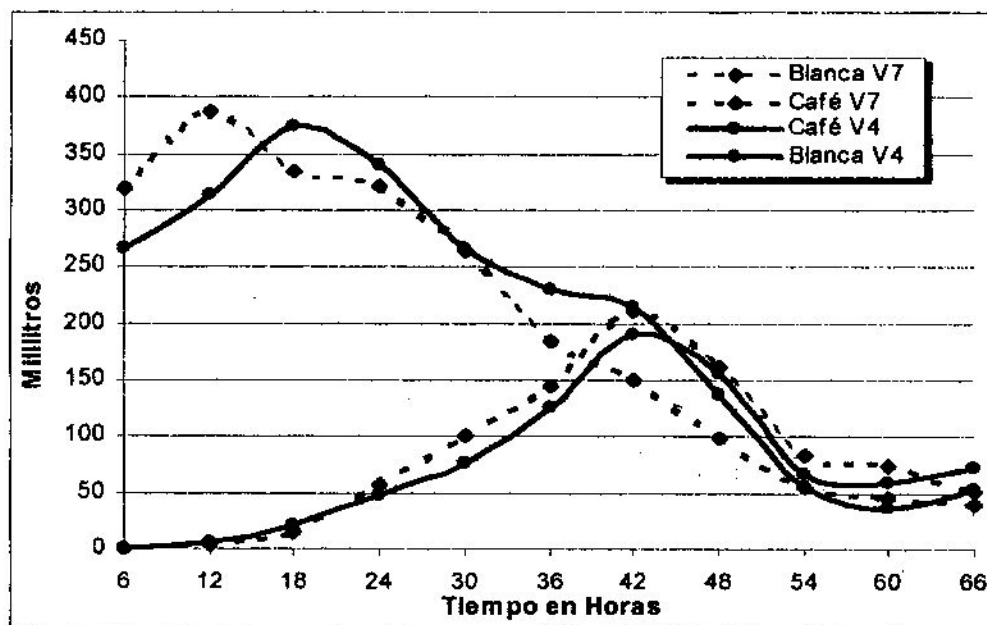


Gráfica 4. Comparación del volumen de pupa colectado de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

7.1.4.1. PRODUCCION DE PUPAS SEGÚN SU SEXO

Para el caso de *Viena-7* se puede apreciar (Gráfica 5) que esta cepa alcanzó el mayor volumen (aproximadamente 390 ml) de pupas color café (machos) a las 12 horas y a partir de este

punto, se inició su descenso constante hasta alcanzar un volumen de 45 ml a las 66 horas. Para esta cepa (*Viena-7*), a las 38 horas, se obtuvo una cantidad equivalente (170 ml) de pupas macho (café) y pupas hembra (blancas), y a partir de este punto la producción de pupa color blanco se mantuvo por arriba de la pupa color café, alcanzando su máximo volumen a las 42 horas. Para la cepa *Viena-4* esta relación ocurrió a las 44 horas (185 ml), mostrando desde el principio una similar tendencia que la cepa *Viena-7*. Si se quieren recuperar en mayor cantidad de pupas color blanco (hembras) para ambas cepas, éstas pueden ser colectadas de las 38 a las 48 horas.



Gráfica 5. Comparación de la producción de pupas según el sexo de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitís capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

En el caso de las pupas color café (machos) de la cepa *Viena-4* tuvieron su máximo volumen a las 18 horas (370 ml), mostrando luego de este punto, un comportamiento similar a la cepa *Viena-7*, mientras que los volúmenes de pupas color blanco (hembras) tuvieron un comportamiento, si no idéntico, muy parecido al de cepa *Viena-7*, obteniendo su máxima recuperación (190 ml) a las 42 horas.

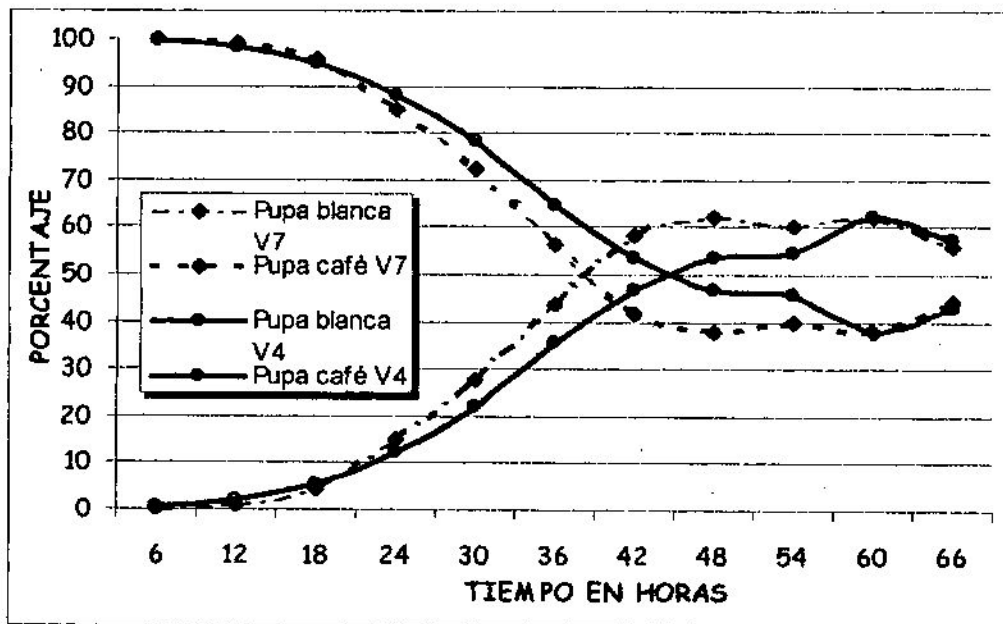
7.1.5. PORCENTAJE DE PUPAS COLOR CAFÉ Y BLANCA

Los porcentajes de pupa blanca de la cepa *Viena-7* fueron estadísticamente superiores a los de cepa *Viena-4* (cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de la prueba comparación de medias (Tukey) de la Proporción de pupas blancas, Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

COLECTAS CADA HORA		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
36.23a	34.42b	30.12a	27.28b

Al efectuarse un análisis gráfico (Gráfica 6) del comportamiento de la pupa blanca obtenida para ambas cepas se observó la superioridad en porcentaje de pupa color blanco de la cepa *Viena-7* sobre el de la cepa *Viena-4*, situación que es más evidente a partir de las 24 horas, hasta equipararse a las 60 horas con 62% cada cepa.



Gráfica 6. Comparación de los porcentajes del color del pupario de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.

En esta misma gráfica se puede observar que la cepa *Viena-7* logró un 50% de pupa color blanco y un 50% de pupa color café en la hora 38, mientras que la cepa *Viena-4* lo logró hasta las 46 horas (50 %). En esta gráfica, también se puede ver que la recuperación de pupa blanca (hembras) a partir de las 42 horas se mantuvo más estable para la cepa *Viena-7*, no así para la cepa *Viena-4* (Gráfica 6). Se puede observar claramente que la cepa *Viena-7* produce mayores volúmenes de pupa color blanco (hembras) y menores volúmenes de pupa color café (machos) con respecto a la cepa *Viena-4* (Gráfica 5).

7.1.6. PESO DE PUPA (mg)

El peso de pupa es importante para verificar si las larvas se alimentaron bien, ya que posteriormente, este factor se traduce en longevidad del adulto. Esta variable depende de factores como la densidad de huevos con la que fue sembrada la dieta, la fertilidad del huevo, la calidad de la dieta y el manejo de cada una de las etapas larvarias. En este estudio, únicamente en las colectas diarias existieron diferencias significativas (Cuadro 7), que quizá se debieron a los factores anteriormente expuestos, ya que si analizan los datos de colectas cada a hora y a *Pequeña escala* donde el manejo es mucho más eficiente no se encontraron diferencias significativas

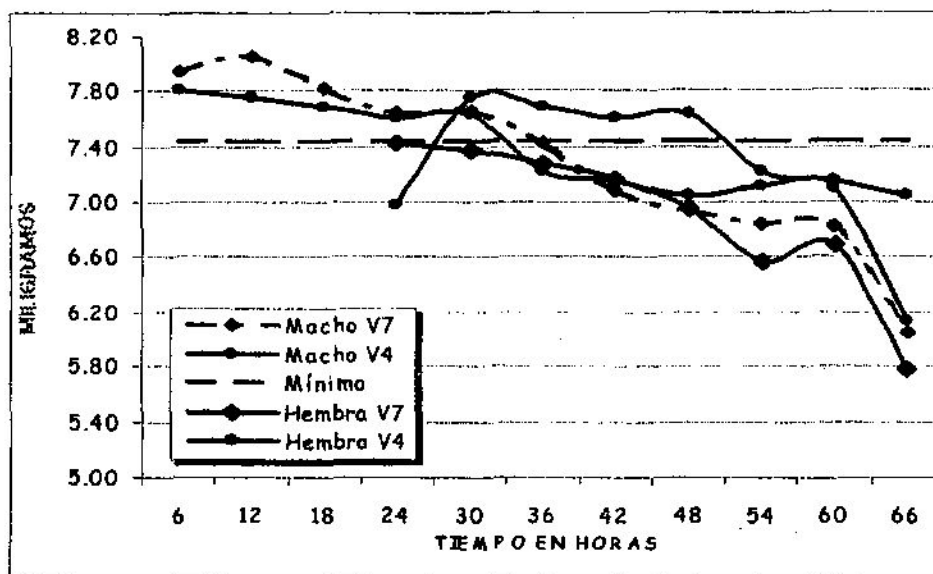
Cuadro 7. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Peso de pupa. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

Tratamientos	COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
Hembras Pupa Blanca	7.02a	7.15a	8.09a	7.93b	6.49a	6.31a
Machos Pupa café	7.03a	7.2a	7.92a	7.79b	7.56a	7.52a

Para esta variable, se determinó que el peso de los machos de ambas cepas después de las 33 horas es inferior al límite de calidad establecido (30 horas para la cepa *Viena-4* y 33 horas para la cepa *Viena-7*). A *Gran escala*, donde las hembras son importantes se puede observar que las hembras de la cepa *Viena-4* no solo obtienen los mejores pesos, sino que a la vez muestran una estabilidad apropiada a partir de las 30 horas hasta las 51 horas. En el caso de la cepa *Viena-7*, las hembras solo tienen el peso requerido a las 24 horas, luego de este punto, su peso es inferior al límite de calidad establecido (Gráfica 7).

7.1.7. PORCENTAJE DE ADULTOS EMERGIDOS Y VOLADORES

La emergencia como la capacidad de volar (voladoras) son variables muy importantes a considerar para asegurar finalmente la producción de huevos que posteriormente dará origen al material biológico que producirá machos exclusivamente. Con el propósito de complementar esta variable y considerando que dentro de este contexto el porcentaje de adultos medio emergidos juega un papel importante porque ésta es una subvariable que determina la cantidad de individuos con impedimentos genéticos que les impide volar eficientemente, se consideró también el análisis de esta variable.



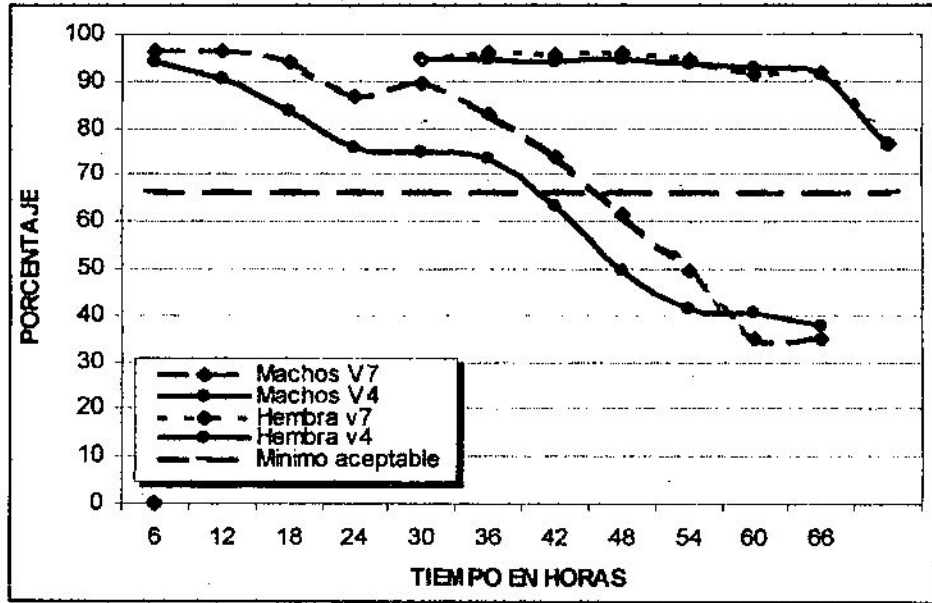
Gráfica 7. Comparación del peso de pupa color café y blanca Pre-irradiada de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.

Para la variable porcentaje de adultos emergidos y voladores se determinó que en el caso de las hembras para las tres metodologías, la cepa *Viena-7* fue superior que la cepa *Viena-4*; aunque, únicamente hubo diferencias estadísticamente significativas en las colectas a cada hora y colectas por día (Cuadro 8).

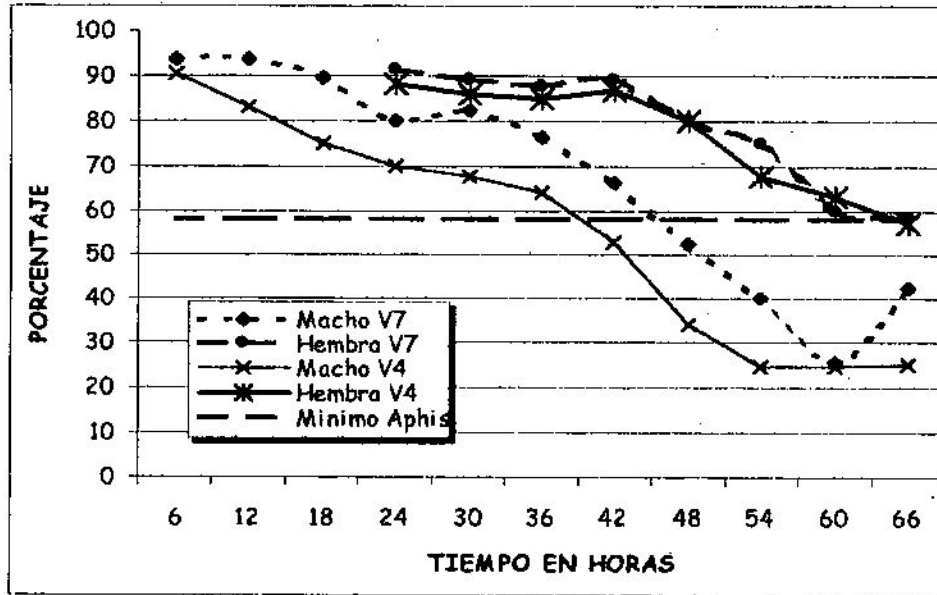
Cuadro 8. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) de los Porcentajes de Emergencia y Habilidad de Vuelo. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

Tratamientos	COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
Cepa	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
Hembras emergidas	93.59a	92.89b	89.18a	85.38b	70.24a	69.22a
Machos emergidos	73.14a	64.11b	92.58a	87.91b	89.57a	83.29a
Hembras voladoras	79.02a	74.98b	77.18a	64.46b	60.96a	58.36a
Machos voladores	66.16a	52.91b	80.01a	68.91b	67.53a	60.22a

La misma situación ocurrió para el caso de los machos, en donde los de la cepa *Viena-7* también demostraron superioridad sobre los de la cepa *Viena-4* para las tres metodologías; aunque, en *pequeña escala* no hubo diferencia estadística significativa.



Gráfica 8. Comparación del Porcentaje de Emergencia de hembras y machos pre-irradiados de las cepas *Viena-7* y *Viena-4*, de Mosca del mediterráneo *C. capitata* W. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.



Gráfica 9. Comparación del porcentaje de habilidad de vuelo de machos y hembras Pre-irradiados de las cepas *Viena-7* y *Viena-4*, de Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. Lab. El Pino, Barberena Santa Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.

Por lo que se puede ver (Gráfica 8) la cepa *Viena-7* siempre fue superior a la cepa *Viena-4* tanto para el porcentaje de emergencia, como para habilidad de vuelo en el caso de los machos; aunque la misma situación se podría decir que es válida para el caso de las hembras.

En el caso del porcentaje de emergencia de machos, la cepa *Viena-7* se situó por encima del límite permitido (68%) hasta la hora 45. En el caso de la cepa *Viena-4*, este límite ocurrió hasta la hora 41. En el caso de el porcentaje de habilidad de vuelo (Gráfica 9), se puede decir que la misma situación ocurrió. Pero en este caso, el límite inferior permitido (59%) para el caso de los machos ocurrió luego de transcurridas las 45 horas para la cepa *Viena-7* y a las 39 horas para la cepa *Viena-4*. Par las hembras, este límite se alcanzó a las 60 horas parra la cepa *Viena-7* y a las 66 horas para la cepa *Viena-4*

En el caso de la variable porcentaje de adultos medios emergidos, para ambas situaciones (colectas a cada hora y *pequeña escala*) se determinó que la cepa *Viena-4* presentó un mayor porcentaje de individuos medio emergidos para el caso de la pupa color café (machos), siendo esta diferencia estadísticamente significativa; mientras que para la pupa color blanco (hembras) no existieron diferencias significativas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de adultos medio emergidos. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

	COLECTAS A CADA HORA		PEQUEÑA ESCALA	
	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
Machos	2a	9b	1.64a	6.37b
Hembras	2a	2a	2.67a	3a

Estos individuos medio emergidos logran sobrevivir toda la fase de larva y pupa, afectando los porcentajes de adultos emergidos y voladores; según los resultados se puede decir que, en la cepa *Viena-4* existió una alta población de machos medio emergidos en comparación con la cepa *Viena-7*, cuyas características genéticas, pareciera ser que, redundaron en una reducción de individuos medio emergidos. Como se puede apreciar, según los resultados obtenidos, para el caso de las hembras el comportamiento de esta subvariable es similar para ambas cepas, no habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ellas. En conclusión, se puede decir que una de las ventajas genéticas propia de la cepa *Viena-7*, es evitar la producción de un gran número de individuos medio emergidos, que desmeritarían la calidad de esta cepa.

Si se combinan los resultados de las variables producción de pupa, individuos emergidos y capacidad de vuelo, se puede ver que, aunque la cepa *Viena-4* produce mayores volúmenes de pupa color café (machos), al final es la cepa *Viena-7* con la que se obtienen mayor número de emergencia y capacidad de vuelo, ya que la cepa *Viena-4*, se ve disminuida en sus

volúmenes de pupa que produce individuos aptos y con buena capacidad de vuelo, por el porcentaje de individuos genéticamente desbalanceados (medio emergidos) que presenta.

7.1.8. RECOMBINANTES

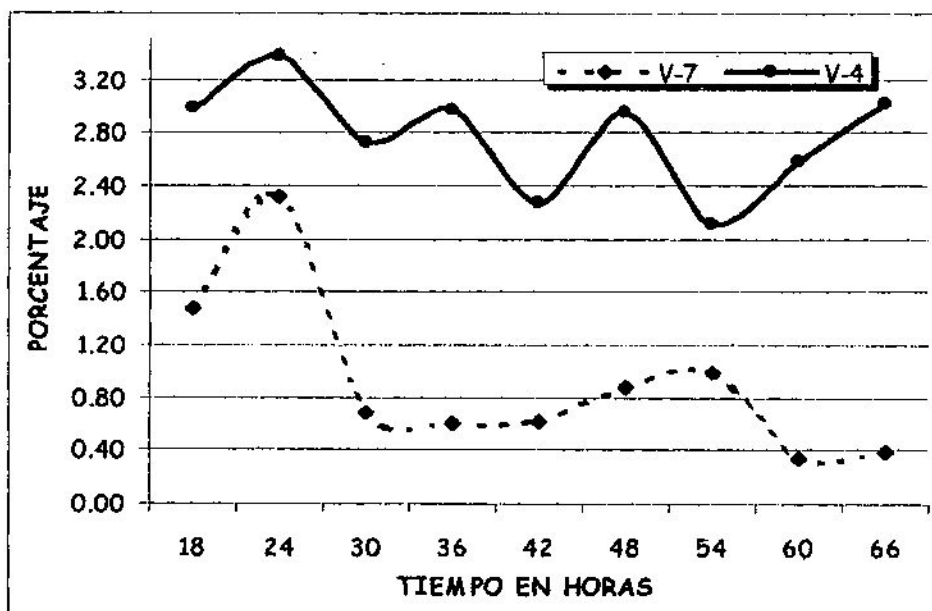
7.1.8.1. Porcentaje de machos en puparios color blanco

La cepa *Viena-4* fue significativamente superior a la cepa *Viena-7* en cuanto al apareamiento de machos en puparios blancos a *Gran escala* en Colectas Cada Hora. Para las Colectas por Día y *pequeña escala* no hubo diferencia significativa entre las cepas; aunque en apariencia fueron mayores los porcentajes de la cepa *Viena-7* (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de machos en puparios blancos, Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
1.99b	2.91a	0.57a	0.2a	0.019 ^a	0.014a

Así mismo, también se pudo observar el mayor porcentaje de machos en puparios blancos obtenidos en Colectas a Cada Hora con respecto a las otras dos metodologías, esta situación se debió a que en las colectas a cada hora por su procedimiento fue posible determinar la cantidad de pupas blancas que aparecieron (0.28%) desde las primeras horas de colecta (primeras 8 horas), en donde se esperaba que aparecieran únicamente pupas color café. Este 0.28% de pupas blancas contribuyó hasta en un 9.18 % de machos; mientras que, en la metodología de Colectas Normales, tanto en esta evaluación como en el proceso rutinario de la cría masiva, el porcentaje de machos en puparios blancos se empieza a medir desde las terceras y cuartas colectas (48 y 72 horas). Además, se pudo determinar que los porcentajes más altos para ambas cepas se obtuvieron en las primeras 24 horas (Gráfica 10). La cepa *Viena-7* mostró un apareamiento más homogéneo e inferior de recombinantes con respecto a la cepa *Viena-4*, que mostró rangos mucho más amplios, lo que hizo que al final el porcentaje total de machos en puparios blancos fuera mucho más alto que el de la cepa *Viena-7*.



Gráfica 10. Comparación del porcentaje de apareamiento de machos en puparios blancos Pre-irradiados de las cepas Viena-7 y Viena-4 de Mosca del mediterráneo *Ceratitis Capitata* W. Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

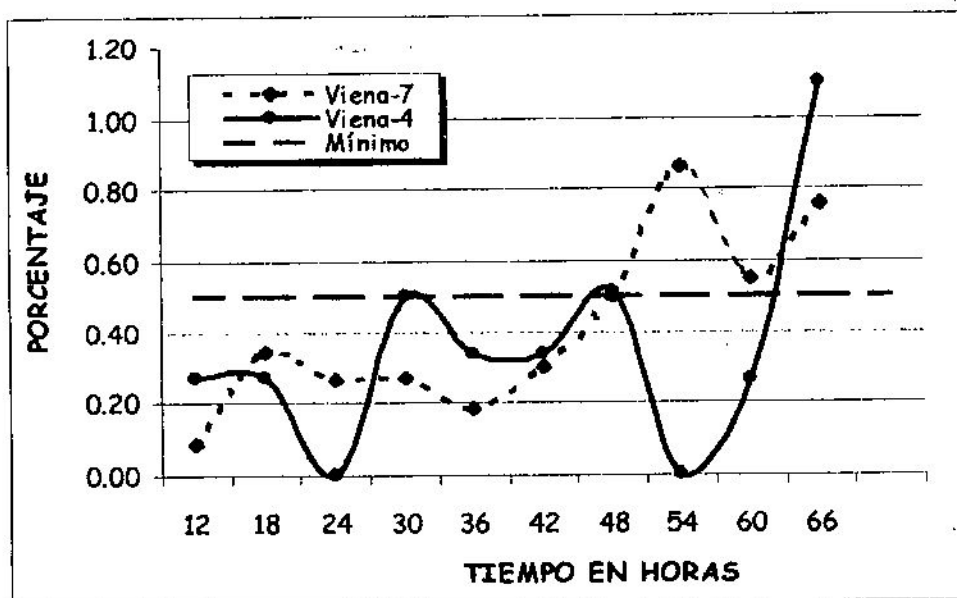
7.1.8.2. Porcentaje de hembras en puparios cafés

En apariencia la cepa *Viena-4* supera a la cepa *Viena-7* en lo que respecta a colectas a cada hora, lo contrario sucedió en colectas por día y *pequeña escala* donde la cepa *Viena-7* superó a la cepa *Viena-4*. Pero estadísticamente se determinó que no hubo diferencias significativas al comparar los resultados de cada una de las tres metodologías (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de hembras en puparios cafés, Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
0.39a	0.44a	0.096a	0.054a	0.018a	0.00a

Según los resultados representados en la Gráfica 11, se puede observar que la cepa *Viena-7* mostró un comportamiento más homogéneo con respecto a la cepa *Viena-4* que presentó rangos mucho más amplios; situación que hizo que al final, sus porcentajes totales fueran mayores. Ahora bien; la cepa *Viena-7* presentó sus porcentajes más bajos que el mínimo aceptable (0.5%) durante las primeras 48 horas ($\leq 0.5\%$) mostrando a partir de este momento un ascenso hasta la hora 66 ($> 0.5\%$); por su parte la cepa *Viena-4* alcanzó sus porcentajes más bajos ($\leq 0.5\%$) en las primeras 62 horas, mostrando a partir de este momento un incremento hasta la hora 66 (1.10%).



Gráfica 11. Comparación del porcentaje de apareamiento de hembras con pupario café de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W. Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

7.2. COLONIA CON TRATAMIENTO TERMICO

7.2.1. Fertilidad de huevo

En términos generales, se puede decir que existieron diferencias estadísticas entre ambas cepas, siendo la cepa *Viena-7* la que presentó mejores porcentajes de eclosión, tanto a *Pequeña Escala* como a *Gran Escala* (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de Eclosión. Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
68.59a	65.74b	46.11a	42.44b

Sin embargo, aunque los porcentajes de eclosión sean mayores, como en este caso los de la cepa *Viena-7*, puede no ser de importancia, debido a que en las cepas de sexado genético únicamente sobrevivirán al final del proceso larvario los huevos que posean embriones balanceados, es decir un aproximado del 50% del total del huevo producido, entonces se podría decir que una cepa que presente mayores porcentajes de eclosión tendría una ligera ventaja sobre la otra, dependiendo de su estabilidad genética o de la calidad como fue desarrollada. En este caso se utilizan los datos a *Gran escala* para ejemplificar lo expuesto anteriormente, la cepa *Viena-7* que obtuvo 68.59% de eclosión, al final tendría 34.29% y la *Viena-4* que inicialmente tenía 65.74% resultaría con 32.84%, si le calculamos el 50% a cada

porcentaje de eclosión descrito, estos datos proyectarían la esperanza larvaria (individuos balanceados), en consecuencia *Viena-7* mantendría una ventaja de 1.45% sobre la *Viena-4*. Es importante acotar las diferencias que se visualizan entre los datos obtenidos de las colectas a *Gran escala* y a *Pequeña escala*, que pueden radicar en la eficiencia obtenida de realizar el tratamiento térmico a *pequeña escala* en una incubadora graduada, a realizarlo a nivel masivo en salas en donde se puede perder la eficiencia de eliminar las hembras en este momento.

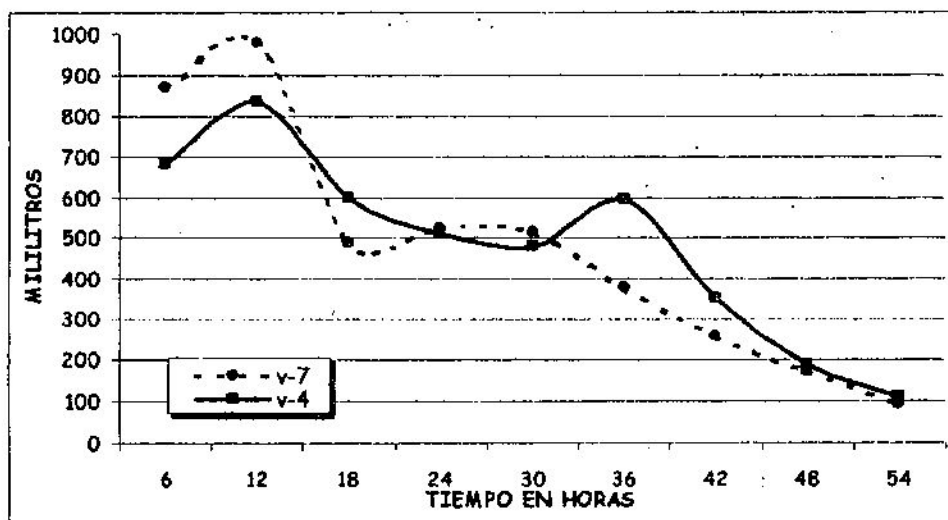
7.2.2. RECUPERACION LARVAL

En este caso se utilizó la variable recuperación larval (lt de larva/kg de dieta); los datos que se presentan son resultado de utilizar una densidad de siembra de 7.5 ml huevos/5kg de dieta en un sustrato a base de bagazo de caña. Para esta variable, se aprecia que *Viena-4* superó la producción promedio total de larva, tanto en colectas cada hora, como colectas por diarias a a cada 12 horas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) de la recuperación larval. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

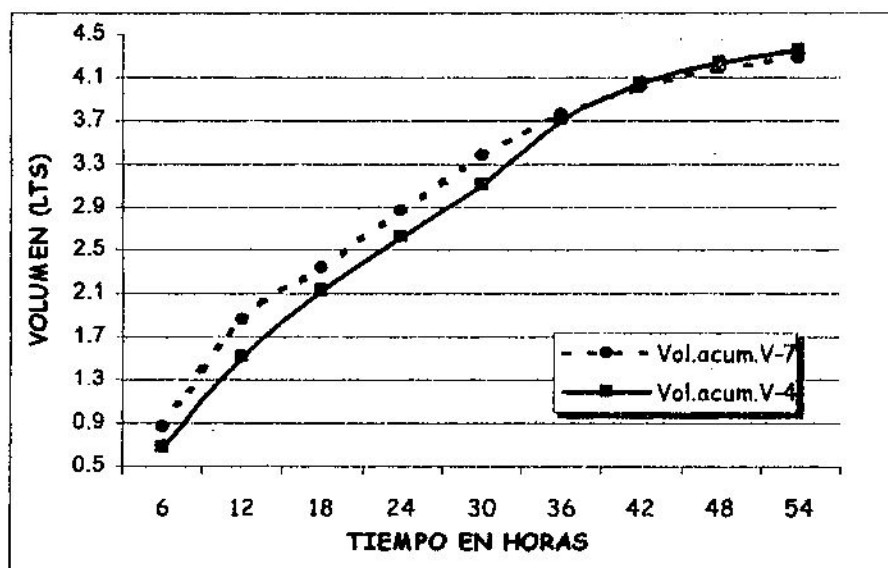
COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
0.13a	0.14a	0.10b	0.12a

Las diferencias existentes entre las colectas por día y a cada hora, se deben a que la colecta larval se mantuvo durante mayor tiempo en la metodología de colectas a cada hora; ya que el objetivo de esta metodología era encontrar la posibilidad de establecer hasta donde podría recuperarse larva de acuerdo a la calidad de los individuos. En la Gráfica 12, se aprecia que la cepa *Viena-7* produjo un mayor volumen durante las primeras 12 horas y posteriormente disminuyó drásticamente hasta llegar a ser inferior a la cepa *Viena-4* a partir de la hora 15. El comportamiento de la cepa *Viena-4* fue similar, aunque al principio sus volúmenes de larva producidos fueron inferior a los la cepa *Viena-7*, hasta superarla a partir de la hora 15. A partir de la hora 15, la producción de las dos cepas decreció, hasta alcanzar un volumen de 100 ml en la hora 54.



Gráfica 12. Volumen de larva colectado de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* de Mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata* W. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.

Asimismo la cepa *Viena-7* logró obtener 2.34 lts., que representa más del 50% de su producción acumulada antes de las 18 horas de colecta, aventajando en este sentido a la cepa *Viena-4* en un 6.7 porcentual (Gráfica 13).



Gráfica 13. Volúmenes de larva acumulados de las cepas *Viena-4* y *Viena-7*. Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

Por otra parte, si se analiza la calidad, se puede decir que el comportamiento global acumulado de producción, de la cepa *Viena-7* tuvo la ventaja con las altas producciones

ocurridas en las primeras horas, obteniéndose individuos adultos con mejores habilidades en comparación con la producción de la cepa *Viena-4* (Gráfica 13).

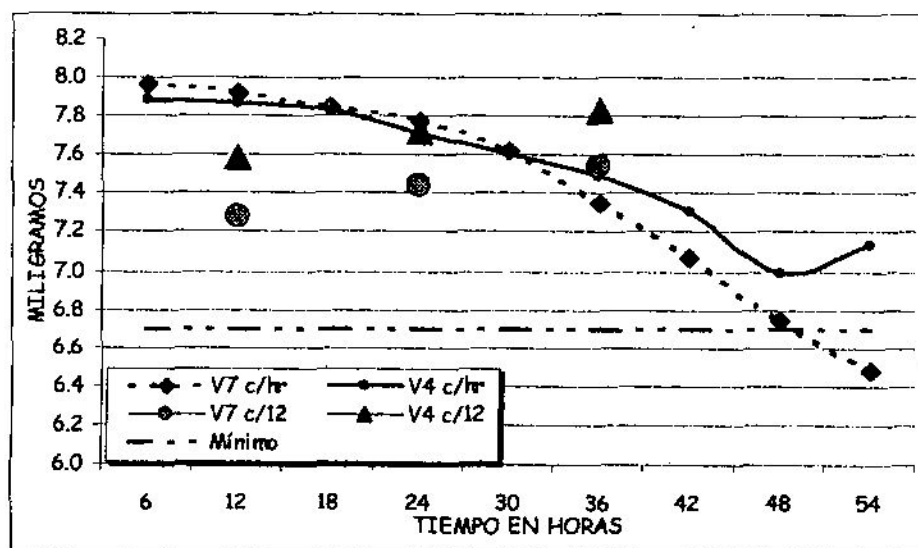
7.2.3. PESO DE PUPA (mg)

Con respecto a esta variable se pueden observar diferencias entre las metodologías, mostrándose una leve ventaja para la cepa *Viena-7* en comparación con la cepa *Viena-4* cuando fue evaluada en colectas a cada hora y a *pequeña escala*, no así en colectas diarias, donde los resultados reflejan una ventaja para la cepa *Viena-4* (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Peso de las Pupas. Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
6.77a	6.86a	7.41b	7.67a	7.48a	6.81b

Ahora bien, si se observa la Gráfica 14, se puede decir que en términos generales, el comportamiento de las dos cepas en cuanto al peso de la pupa fue similar, aunque en un principio, el peso de las pupas de la cepa *viena-7* fue superior. A partir de la hora 30, la cepa *Viena-4* la aventaja, aún más allá de la hora 48 cuando el peso de las pupas de la cepa *Viena-7* es similar al límite inferior establecido (6.7 mg/pupa).



Gráfica 14. Peso de las pupas color café de la Mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* W., Cepas *Viena-7* y *Viena-4* colectados cada hora, y 12 horas. Lab. El Pino. Barberena, Sta. Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

Ahora bien, se puede decir que el comportamiento de este parámetro no fue significativo para cualquier metodología y cepa, pues sus diferencias son tan bajas, que podría decirse que sus resultados son similares, debiéndose estas pequeñas diferencias a la calidad y cantidad de la dieta que las larvas consumieron.

7.2.4. PORCENTAJE DE ADULTOS EMERGIDOS Y VOLADORES

7.2.4.1. Porcentaje de adultos medio-emergidos

Según los resultados obtenidos para esta variable, se puede apreciar que la cepa *Viena-4* presentó un mayor número de adultos medio-emergidos en términos porcentuales, esto pudo deberse probablemente a que dicha cepa presentó un mayor número de individuos genéticamente desbalanceados provenientes de los que sobreviven toda la fase de pupa y que llegan a emerger al final no completamente (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de individuos medio-emergidos. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa, Agosto-Diciembre, 2000.

COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
2.2a	5.2b	1.82a	3.2b	1.62a	2.97b

Estos individuos completan el estado de larva y provocan aparentemente un aumento de la producción de la cepa *Viena-4*, lo cual, a su vez, aparentemente, aumenta la eficiencia de huevo a larva y a pupa, en dicha cepa. En *Viena-7* un porcentaje reducido de individuos que darán origen a individuos medio-emergidos sobreviven hasta la fase de pupa, pero no logran emerger, por lo que no afectan considerablemente los valores de este tipo de individuos. Hay que considerar que estos individuos medio-emergidos, también afectan el porcentaje de emergencia y de voladoras, por lo que este dato es importante, ya que una cepa puede presentar una buena estabilidad genética, pero si presenta porcentajes altos de individuos medio-emergidos, ésta es una limitante para esta cepa, ya que la calidad en cuanto a emergencia y habilidad de vuelo es afectada.

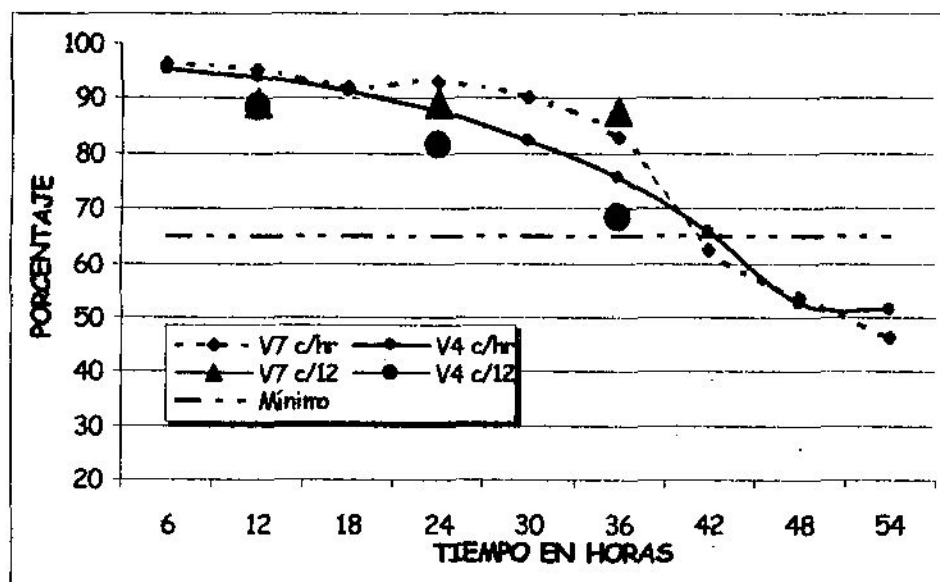
7.2.4.2. PORCENTAJE DE ADULTOS EMERGIDOS Y VOLADORES

Según los resultados de emergencia y habilidad de vuelo, se puede decir que para ambas variables únicamente hubo diferencia estadística significativa a *Gran escala* en lo que respecta a colectas por día, siendo mejor la cepa *Viena-7* (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa. Agosto-Diciembre. 2000.

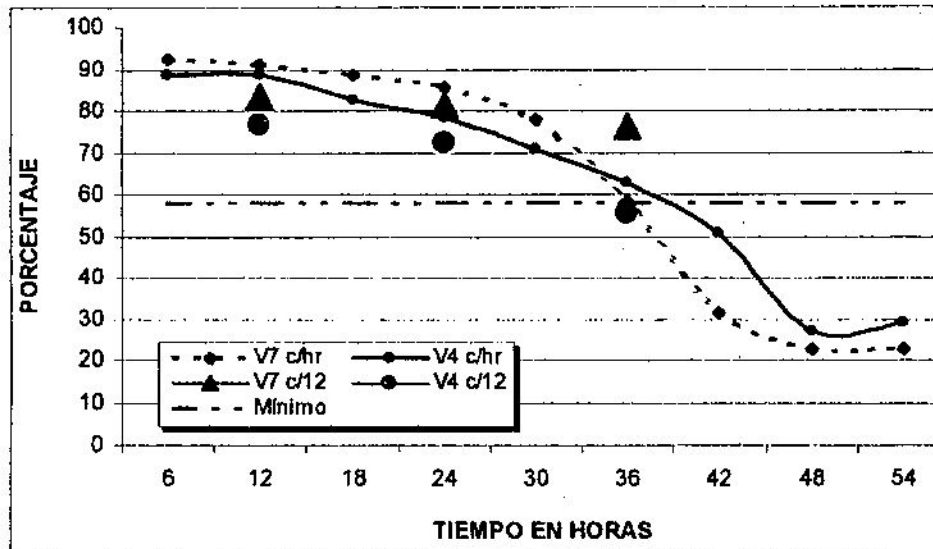
Cepa	COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
Emergencia	67.77 ^a	64.04 ^a	88.70 ^a	79.63 ^b	87.79 ^a	90.91 ^a
Voladoras	63.41 ^a	64.23 ^a	80.27 ^a	68.27 ^b	79.90 ^a	84.80 ^a

Ahora bien, aunque no hubo diferencia estadística significativa para las colectas a cada hora, se puede ver en la gráfica que la calidad de los individuos de *Viena-7* se mantuvo por arriba que la cepa *Viena-4* hasta las 36 horas (Gráficas 15 y 16).



Gráfica 15. Porcentaje de emergencia de machos de Mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata* W., de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* colectados cada hora, y 12 horas. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa. Agosto-Dic., 2000.

En colectas por día se puede ver claramente que a las 36 horas los individuos de *Viena-4* ya alcanzaron el límite de calidad aceptable mientras que los de *Viena-7* se mantienen por arriba demostrando entonces que se puede prolongar dicha calidad probablemente hasta la hora 42. Además de la mejor calidad de los individuos de *Viena-7* desde el inicio, con dicha cepa se puede aprovechar mayor cantidad de larva prolongando el tiempo de colecta ya que se vio que dicha cepa no ve afectada la calidad de sus individuos (Gráficas 15 y 16).



Gráfica 16. Porcentaje de machos voladores de Mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata* W. de las cepas *Viena-7* y *Viena-4*, colectados cada hora, y 12horas. Lab. El Pino, Barberena, Sta. Rosa. Agosto-Dic., 2000.

7.2.5. RECOMBINANTES

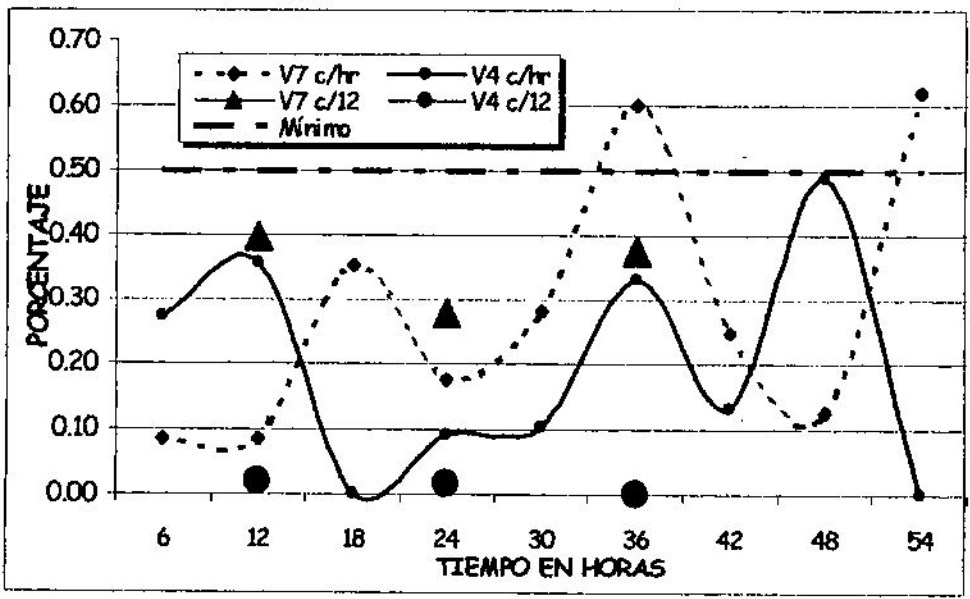
7.2.5.1. Porcentaje de hembra en pupa color café (machos)

En los resultados se puede ver que hubo diferencias estadísticamente significativas para *Gran escala* presentando un mayor nivel de recombinación la cepa *Viena-7*, para el caso de *pequeña escala* sus resultados fueron cero, probablemente debido a las cantidades de material manejado (Cuadro 17).

Cuadro 17. Resumen de la prueba de comparación de medias (Tukey) del Porcentaje de hembras en puparios café, Laboratorio El Pino, Barberena, Santa Rosa, Agosto-Diciembre. 2000.

COLECTAS CADA HORA		COLECTAS DIARIAS		PEQUEÑA ESCALA	
VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4	VIENA-7	VIENA-4
0.294a	0.183b	0.30a	0.00b	0.00a	0.00a

Se pudo ver que el comportamiento de apareamiento de recombinantes para colectas a cada hora fue similar para ambas cepas. Donde se marca más la diferencia es en colectas por día donde se puede ver claramente que *Viena-7* superó a *Viena-4*, sin embargo no llegó al límite de calidad aceptable, mientras que para colectas a cada hora lo superó en dos horas en la 36 y 54 (Gráfica 17).



Gráfica 17. Comparación del porcentaje de hembras de Mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata* W. de las cepas *Viena-7* y *Viena-4* en puparios cafés colectados cada hora, y 12 horas. Lab. El Pino, Barberena, Santa Rosa. Agosto-Diciembre, 2000.

8. CONCLUSIONES

- A. Aunque para la producción de huevos no hubo diferencias significativas entre las dos cepas evaluadas, en lo referente a la calidad del huevo (porcentaje de eclosión) la cepa Viena-7 fue la que presentó los mayores porcentajes.
- B. En cuanto a la recuperación larval, aunque no hubo diferencias significativas entre cepas, fue la cepa Viena-4 la que presentó las más altas.
- C. No hubo diferencias significativas entre las dos cepas con respecto a la producción de pupas; aunque con la cepa Viena-4 se obtuvieron mayores volúmenes, la calidad de la pupa obtenida no es superior comparativamente con la de la cepa Viena-7.
- D. Con la Cepa Viena-7 se obtuvieron mayores producciones de pupa color blanco (hembras), lo cual asegura en mejor forma la reproducción y por consiguiente el mantenimiento de la cepa.
- E. En cuanto al peso de pupa color café (machos) y blanco (hembras), aunque no hubo diferencias significativas entre las dos cepas evaluadas, la cepa Viena-7 fue la que presentó los pesos más altos.
- F. Cuando se analizó el porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo, la calidad de los machos de la cepa Viena-7 fue superior a los machos de la cepa Viena-4, situación que fue más evidente cuando se analizaron los resultados de la colonia sin tratamiento térmico, en donde a las 41 horas de colecta la cepa Viena-4 ya había alcanzado el límite inferior de calidad aceptable, mientras que la cepa Viena-7 lo alcanzó hasta las 45 horas. En el caso de las hembras, la calidad de las cepas fue similar.

- G. En el caso del porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo, la calidad de los machos de la cepa Viena-7 fue superior a los machos de la cepa Viena-4, situación que fue más evidente cuando se analizaron los resultados de la colonia con tratamiento térmico, en donde a las 36 horas de colecta la cepa Viena-4 ya había alcanzado el límite inferior de calidad aceptable, mientras que la cepa Viena-7 se mantuvo por arriba.
- H. Con la cepa Viena-4 se obtuvieron los porcentajes más altos de individuos genéticamente desbalanceados (medio emergidos), detectándose diferencias significativas entre las dos cepas evaluadas para el caso de los machos, en el caso de las hembras no hubo diferencias significativas.
- I. Aunque para el apareamiento de machos recombinantes (hembras que emergen de pupa color café) no hubo diferencias significativas entre las dos cepas evaluadas, la cepa Viena-7 presentó un mayor porcentaje.
- J. Con respecto al apareamiento de hembras recombinantes (machos que emergen de pupa color blanco) la cepa Viena-4 fue la que presentó los mayores porcentajes.

9. RECOMENDACIONES

- A. De acuerdo a los porcentajes de emergencia, habilidad de vuelo, número de individuos genéticamente desbalanceados (medio emergidos), estabilidad genética, producción de huevo, larva y pupa, es más recomendable reproducir a nivel masivo la cepa *Viena-7*.
- B. Evaluar para *Viena-7* la cantidad de huevo a sembrar por charola porque esta cepa elimina los individuos genéticamente desbalanceados (medio emergidos) en la etapa de huevo y larva.
- C. Evaluar la factibilidad de aprovechar las larvas de la cepa *Viena-7* colectadas hasta las 48 horas, porque su calidad se mantiene hasta ese momento.
- D. Si se requiere pupas blancas (hembras) se recomienda colectarlas de las 42 hasta las 60 horas, porque en este periodo se obtienen los mejores porcentajes (hasta un 60%), que se traducirá en una mejor emergencia y capacidad de vuelo.
- E. Evaluar el uso baños de maría o cámaras bioclimáticas que mantengan la temperatura más estable para realizar el tratamiento térmico al huevo.

10. BIBLIOGRAFÍA.

1. ALUJA SCHUNEMANN, M. 1982. Manejo integrado de las moscas de la fruta; díptera: Tephritidae. México, D.F., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Mosca del Mediterráneo. 103 p.
2. BRAZZEL, J. R. et al . 1986. Required quality control test, quality specifications, and shipping procedures for laboratory produce Mediterranean fruit flies for sterils insect control programs. E.E. U.U., Department of Agriculture. Animal and plants Health Inspection Service. Hand-Book no. 81-51. 31 p.
3. CACERES C.; RENDÓN P.; NATARENO H. 1998. Situación actual de la utilización del sexado genético en Guatemala. Guatemala, Programa Moscamed. 13 p.
4. CALDERON, J. 1990. Description of the mass rearing process of the mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata Wied*) at the plant San Miguel Petapa medfly mass production plant. Guatemala, Comisión Moscamed. 6 p.
5. E.E. U.U. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. 1984. Development of an alternative technology for quarantine treatment of fruits and vegetables. Washington, D.C. 23 p.
6. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA, Argentina; insectos y otros enemigos de la quinta. 1983. Argentina, Hemisferio Sur. 162 p.
7. FOSTER, G. G. 1990. Chromosomal inversions and genetic control revisited: the use of inversions sexing systems for higher Díptera. Canberra, Australia, CSIRO División of Entomology, Box 1700. 5 p.
8. -----; WELLER, G. L.; BEDO, D.G. 1991. Homozygous-viable pericentric inversions for genetic control of *Lucila cuprina*. Canberra 2601, Australia, CSIRO, División of Entomology, GPO Box 1700. 9 p.

9. FRIEND, W.G. 1956. Nutritional requirements of phytophagous insects. Annual Review of Entomology (EE.UU.) 3: p: 57-71.
10. G. FRANZ.; GENCHEVA E.; KERREMANS P. 1994. Improved stability of genetic sex separation strains for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*. Seibersdorf, Austria, International Atomic Energy Agency, Joint FAO/IAEA Programme Entomology Unit, IAEA Laboratories, A-2444. 7 p.
11. -----.; KERREMANS P.; RENDON P. 1994. Development and application of genetic sexing system for the mediterranean fruit fly Based on a temperature sensitive lethal. Seibersdorf, Austria, IAEA Laboratories, Entomology Unit. 8 p.
12. KERREMANS P.; G. FRANZ. 1995. Isolation and cytogenetic of genetic sexing strains for the medfly, *Ceratitidis capitata*. Seibersdorf, Austria, International Atomic Energy Agency, Joint Programme, Agencys Laboratories, Entomology Unit, A-2444. 8 p.
13. LEON, G. De. 1981. La mosca del mediterráneo. Guatemala, Programa Moscamed. 14 p.
14. PROGRAMA MOSCAMED (Gua.) 1996. Memoria de labores. Guatemala. 30 p.
15. SANCHEZ L., S. 1980. Impacto económico de las moscas de la fruta en Guatemala, Programa Moscamed. p. 13-14.
16. WILLHOEFT U.; G. FRANZ.; McINNIS O. 1994. Towards the application of genetic sexing in tephritidae fruit fly SIT Programs. Seibersdorf, Austria. Joint FAO/IAEA Programme, Entomology Unit. 6 p.



Vo. B°

Marian De La Roca



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "COMPARACION DE LA CRIA MASIVA DE DOS CEPAS DE SEXADO GENETICO DE MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata Wiedemann) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO".

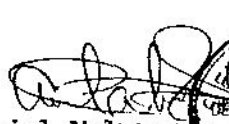
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CARLOS ROBERTO VASQUEZ AGUIRRE

CARNET No: 9410132

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Dr. Carlos Alfonso Orozco Castillo


El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

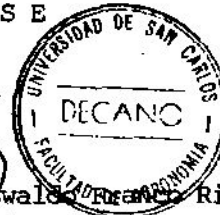

Ing. Agr. M.Sc. Samuel Guadalupe Córdova Calvillo
A S E S O R


Dr. Ariel Abderraman Ortiz
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Escobar Rivera
D E C A N O



cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: liusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>