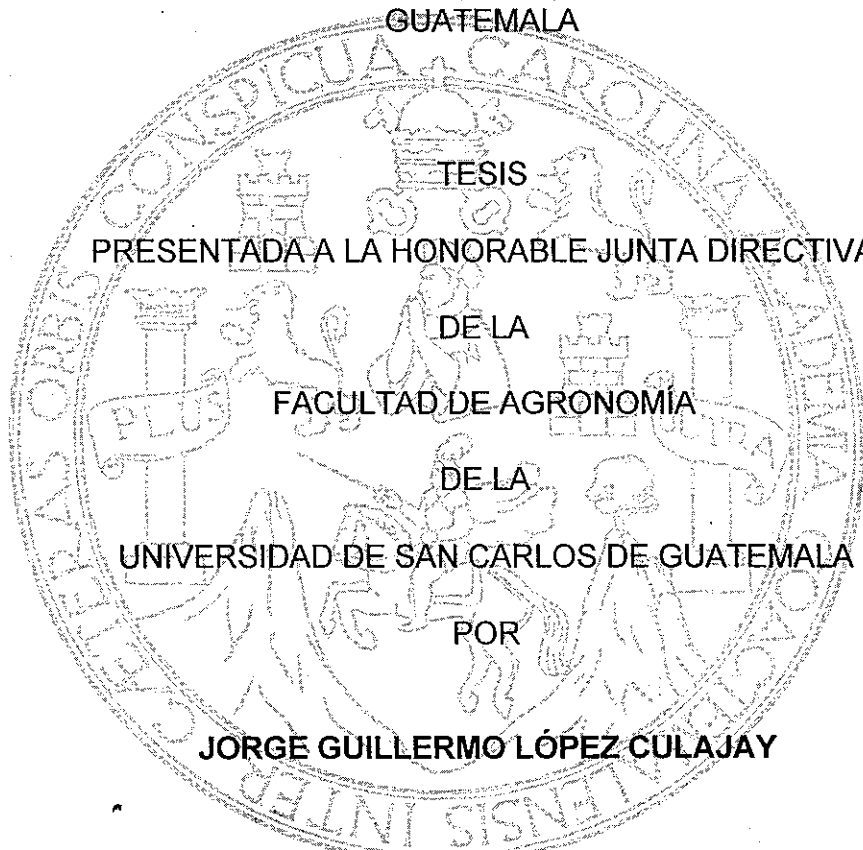


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

COMPETITIVIDAD DE APAREAMIENTO ENTRE MACHOS FÉRTILES Y MACHOS ESTÉRILES
DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO, *Ceratitis capitata* (WIEDMANN), EN TRES LOCALIDADES DE
GUATEMALA



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

POR

JORGE GUILLERMO LÓPEZ CULAJAY

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

GUATEMALA, abril 1, 1997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL I	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont.
VOCAL II	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL III	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández F.
VOCAL IV	Br. Eduardo Enrique Lira Prera
VOCAL V	Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez
EXAMINADOR	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
EXAMINADOR	Ing. Agr. Edgar a. Alvarado M.
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos R. Fernández P.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio	DECANO
Ing. Agr. Juan José Castillo Mont	VOCAL I
Ing. Agr. William Roberto Escobar López	VOCAL II
Ing. Agr. Alejandro Amoldo Hernández F.	VOCAL III
Dr. Eduardo Enrique Lira Pérez	VOCAL IV
Dr. Mynor Joaquín Barrios Ochoa	VOCAL V
Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta	SECRETARIO

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Dr. Antonio Sandoval S.	DECANO
Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez	EXAMINADOR
Ing. Agr. Waldemar Nifón Reyes	EXAMINADOR
Ing. Agr. Edgar A. Amoldo M.	EXAMINADOR
Ing. Agr. Carlos R. Fernández F.	SECRETARIO

Guatemala, marzo 1997

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

Estimados Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"COMPETIVIDAD DE APAREAMIENTO ENTRE MACHO FÉRTILES Y MACHOS ESTÉRILES DE MOSCA DEL MEDITERRÁNEO, Ceratitis capitata (WIEDMANN), EN TRES LOCALIDADES DE GUATEMALA"

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Agradeciendo su atención a la presente, sin otro particular me suscribo.

Atentamente,


Jorge Guillermo López Culajay

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

CAMPESINOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON A MI
FORMACIÓN PROFESIONAL

ACTO QUE DEDICO

A: Dios

La Virgen María

Mis Padres Carlos Servando López (Q.E. P.D.)
María Culajay de López
En recompesa de su sacrificio y anhelo.

Mi Esposa Ingrid Ileana Dellachiessa
Por su gran apoyo moral en la realización del presente trabajo.

Mis Hijos Jorge Guillermo e Ingrid Dennisse
Por darme la dicha de compartir su cariño

La Gran Familia "De Los López"
Por haber compartido momentos difíciles en nuestra vida.

Mi Familia en General

Mis Amigos

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis mas sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otro forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

A:

Ing. Agr. Salvador Sánchez (Q.E.P.D)
Que Dios lo tenga en su Eterna Gloria.

Mi Asesor Ing. Agr. MSc. Samuel Cordova por su interés en asesorar, revisar y corregir este trabajo de tesis.

Ing. Agr. Msc. Marino Barrientos
Por su colaboración brindada en el trabajo.

Br. Rudinio Acevedo Por su valiosa colaboración en el desarrollo del trabajo de tesis.

Sr. Alberto Morales por su gran colaboración.

Al personal del Laboratorio de Métodos de United State Department of Agriculture/ Animal Protection Health Inspection Services USDA/APHIS.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCION:	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.2 MARCO REFERENCIAL	11
IV. OBJETIVOS	13
4.1 GENERAL	13
4.2 ESPECIFICOS	13
V. HIPOTESIS	13
VI. METODOLOGÍA	14
VI.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL	14
VI.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	14
VI.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO	15
VI.2.1 OBTENCION DEL MATERIAL BIOLÓGICO SILVESTRE	15
VI.2.2 OBTENCION DE MATERIAL BIOLÓGICO ESTERIL	15
VI.2.3 MARCAJE DEL MATERIAL BIOLÓGICO ESTÉRIL	15
VI.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN:	16
VI.3.1 VARIABLES RESPUESTA:	16
VI.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN:	17
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
VIII. CONCLUSIONES	21
IX. RECOMENDACIONES	21
X. BIBLIOGRAFIA	22
XI. ANEXO	24

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Resultado del número de cópulas en las pruebas de competitividad de apareamiento entre machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.) realizadas en las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.	18
2	Análisis de varianza para el porcentaje de cópulas entre machos fértiles y macho estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.) en las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.	18
3	Resultado de la prueba de Duncan para el porcentaje de cópulas transformadas $\sqrt{(x+1)}$, entre machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), de las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.	19
4	Número total de cópulas por hora entre machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.) de las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.	19
5	Elevación sobre el nivel del mar en metros, promedio de temperatura y humedad relativa, para las tres localidades 1984-1985.	25
6	Comportamiento sexual de los machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de moscas del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), liberadas para la localidad de Retalhuleu 1985	25
7	Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.) en función de la hora del día, en la localidad de Retalhuleu 1985.	25
8	Comportamiento sexual de las machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), liberadas para la localidad de Magdalena M.A. 1985.	27
9	Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), en función de la hora del día, en la localidad de Magdalena M.A. 1985.	27
10	Comportamiento sexual de las machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), liberadas para la localidad de El Tempixque 1984.	29
11	Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.), en función de la hora del día en la localidad de El Tempixque. 1984.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Número de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), durante el día en las tres localidades	20
2	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la temperatura como referencia, Retalhuleu 1985.	26
3	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, Retalhuleu 1985.	26
4	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la temperatura como referencia, Magdalena M.A. 1985.	28
5	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, Magdalena M.A. 1985.	28
6	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la temperatura como referencia, El Tempixque 1984.	30
7	Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, El Tempixque 1984.	30
8	Número de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo <u><i>Ceratitis capitata</i></u> (Wied.), durante el día en las tres localidades	31

"COMPETITIVIDAD DE APAREAMIENTO ENTRE MACHOS FÉRTILES Y MACHOS ESTÉRILES DE MOSCA DEL MEDITERRANEO Ceratitis capitata (WIEDMANN) EN TRES LOCALIDADES DE GUATEMALA"

"MATING COMPETITIVENESS BETWEEN FERTILE AND STERILE MALES MEDITERRANEAN FRUIT FLY Ceratitis capitata (WIEDMANN) IN THREE LOCALITIES OF GUATEMALA"

RESUMEN

Por el gran interés que representa la erradicación de la mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wied.), en nuestro país debido a la pérdidas económicas, medidas cuarentenarias, limitaciones de exportación de frutas y hortalizas y por la gran importancia que representa para los países fronterizos libres de la plaga, el presente estudio. Se evaluó la competitividad de apareamiento entre machos fértiles y machos estériles de mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wied.), se realizó en tres localidades cafetaleras; San Sebastián Retalhuleu, Magdalena Milpas Altas y Finca Tempixque, Sacatepéquez.

Los resultados indicaron que no existió diferencia significativa entre el número de cópulas fértiles y estériles, es decir el comportamiento sexual es el mismo para ambos estados. En el análisis se aprecia que las condiciones climáticas de Retalhuleu fueron más adecuadas para el promedio de cópulas comparado con las otras dos localidades.

I. INTRODUCCION:

La mosca del Mediterráneo Ceratitis /capitata (Wied.) está considerada como una de las plagas más dañinas para la fruticultura, esto se debe a que sus hábitos, capacidades de adaptación y diversidad de hospederos, difieren al de las otras especies de moscas de la fruta, su hábitat es muy amplio. Se desarrolla bien en las zonas en que la temperatura promedio anual no sea menor a los 15°C ni mayor a los 35°C, con respecto a la precipitación pluvial promedio anual, sobrevive perfectamente en las zonas con precipitación de 500 a 2,500 mm. Así también se le encuentra en la zona tórrida de 0 a 2,280 msnm¹

Debido que Guatemala es un país que presenta condiciones ecológicas muy variadas, es importante delimitar las zonas que presentan condiciones que influyen sobre el incremento de la población de la mosca del Mediterráneo, y así actuar con oportunidad en focos de infestación para evitar su deseminación a áreas que se consideran libres de la mosca.

Es por esta razón que las actividades del Programa Moscamed están orientadas hacia la erradicación de la mosca del Mediterráneo en Guatemala y no en términos de control de convivencia, para lo cual es necesario la aplicación combinada de varios métodos de control en un sistema integrado, donde unos métodos complementan a otros o suplan deficiencias.

Dentro de estos métodos se encuentran: Control Químico, Control Biológico, Trampeo, Métodos Culturales, Medidas Cuarentenarias (Internacionales o Internas) y el Control Autocida. El Control Autocida (TIE) es un sistema complejo donde los procesos que incluyen desde la recolección e incubación de huevecillos, dieta larvaria, manejo de pupas hasta la producción de mosca estéril, tienen que funcionar adecuadamente y ser el punto fundamental para la erradicación de la mosca del Mediterráneo en Guatemala.

La mosca estéril producida en Guatemala, es sometida a un control de calidad sistemático, donde se determina la recuperación larval, índice de cópula, habilidad de vuelo, emergencia de adultos, longevidad, la talla y edad promedio de la pupa en el momento de la irradiación, así también se hacen pruebas de competitividad sexual en

¹ S. Sánchez, comunicación personal.

el campo o sea pruebas tendientes a determinar cuantitativamente si las moscas estériles tienen la capacidad de competir sexualmente con las moscas nativas o silvestres.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las pérdidas económicas, medidas cuarentenarias y a las limitaciones de exportación de frutas y hortalizas por la presencia de la mosca del Mediterráneo Ceratitis' capitata (Wied.) en Guatemala, y por la gran importancia que representa para los países fronterizos libres de infestación, a dicha plaga se le controla bajo el sistema de manejo integrado, dentro del cual la Técnica del Insecto Estéril en el campo persigue la erradicación de la plaga.

Por el gran interés que representa la erradicación de la mosca del Mediterráneo en Guatemala, el presente estudio se realizó con el propósito de determinar cuantitativamente la capacidad de los machos estériles de ser competitivos sexualmente con machos silvestres de cada localidad en tres localidades cafetaleras con antecedentes de infestación.

Así, que el éxito de la Técnica del Insecto Estéril dependerá de la producción de machos de alta calidad y de su adecuada conducta de competitividad de apareamiento.

III. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Se sabe que en todo el mundo la mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wiedmann) es una de las plagas más dañinas de la frutas y vegetales. Por la gran importancia que representa, se han realizado investigaciones de la ecología de la especie y su sistema de cópula, con el fin de evaluar el comportamiento sexual competente de los machos estériles liberados. El conocimiento de la ecología de conducta puede ayudar en la formulación y evaluación de hipótesis para generar información necesaria para programas aplicados (6).

Bajo las condiciones del campo hay numerosos factores ambientales que actúan simultáneamente y con diferentes intensidades en los procesos biológicos de la mosca de la del fruta. McBrige (23) reporta que uno de los factores que determinan los niveles de población de la mosca, es la abundancia de los hospederos por un largo período, La temperatura tiene poca o ninguna correlación con el establecimiento de la población de la mosca si no hay fruta hospedera. Hay períodos en que aún estando la temperatura a un óptimo para las especies, la población de la mosca es nula, debido a la no existencia de la fruta hospedera.

La temperatura afecta la actividad de los adultos y las bajas temperaturas incrementan el tiempo de desarrollo de los estados inmaduros. La diferencia en la temperatura promedio entre elevaciones de los 75 msnm y 550 msnm es suficiente para atribuirse el 28% de la reducción de la población de moscas. Así mismo a elevaciones mayores la infestación de frutas se ve disminuida (23).

McBrige (23) señala que la lluvia, acompañada de otras variables (presión atmosférica, viento y luz) juega un papel importante en la actividad de los adultos, oviposición, alimentación, longevidad, porcentaje de infestación de la fruta, mortalidad de la pupa y la secuencia de abundancia de la fruta hospedera. Así mismo, sostiene que, tanto la humedad, como la temperatura por sí sola, no tienen ninguna influencia sobre la carga de la población de mosca, pero ejercen su efecto en conjunto (bajas temperaturas), principalmente en los adultos. La presión atmosférica y la luz juegan un papel menos importante en la biología y la actividad normal de la mosca de la fruta.

Shourkry y Hafes (31) reportan que tanto la temperatura como la humedad relativa tienen influencia significativa en el estado de huevo. En el comienzo del desarrollo de los huevos, cuando se conservaron a 8-9°C por dos días se redujo la eclosión de un 90% a un 48% y; a 30% de humedad relativa, por seis horas, la eclosión se redujo de un 98% al 12%. La duración de la etapa larval fue afectada por la temperatura, el mayor porcentaje de pupación fue a 27°C y a 35°C, la humedad no tuvo efecto en la duración del estado pupal en las mismas temperaturas.

La duración del estado pupal fue sin embargo influenciado por la temperatura entre 22°C y 30°C, y el mayor porcentaje de emergencia fue observado a 25°C y 60% de humedad relativa. La longevidad de los adultos fue mayor entre 25°C y 30°C, además reporta que en la oviposición existió una diferencia significativa, ya que a 25°C las hembras produjeron más huevos que a los 30°C (31).

Sanabria (29) reporta que la iluminación y la radiación solar influyen directamente en el número de cópulas; cuando la frecuencia de la iluminación está en intervalos de 100-150 unidades se alcanzan los mayores niveles, abajo de 100 ó arriba de 150 unidades se influye negativamente en el número de cópulas. En la radiación solar, en lecturas de 350 unidades, la frecuencia de cópulas fue mayor. Por otro lado, el mismo autor reporta que cuando la temperatura se encuentra entre 24°C y 25°C influye positivamente en el número de cópulas. Las temperaturas menores o mayores a estas disminuyen el número de cópulas.

Cause y Feron (7) estudiaron la actividad sexual de la Ceratitis capitata (Wied.) bajo luz artificial y natural en relación al período de iluminación, determinaron que en la luz natural se puede distinguir el ritmo en la actividad sexual, la actividad ocurrió al principio del día, fue mantenida a un ritmo máximo por varias horas, disminuyó en la tarde y se detuvo antes de anochecer. El mismo fenómeno fue observado bajo luz artificial, con diferentes períodos e intensidades de iluminación. También determinaron que cambios en el fotoperíodo causaron una disminución de tiempo en la actividad sexual. Así también, que cuando las moscas eran sometidas a una sola fase oscura seguida de un período de iluminación continua; se regulaba la duración de la actividad sexual durante la siguiente fase luminosa. La primera fase de actividad sexual distinguida de esa forma fue seguida en todos los casos por una inhibición del actividad sexual por algunas horas; después, retornó a una manera constante, si la iluminación era continuada.

De acuerdo con Emlen y Oring (10) "Lek" se define como un área de exhibición comunal donde se congregan machos para el único propósito de atraer y cortejar hembras, las cuales llegan para copular.

Uno de los logros más sobresalientes de la ecología de conducta fué la de correlacionar la ecología de las especies con la conducta de cópula. El sistema de cópula de Ceratitis capitata (Wied.) esta caracterizado por una elección de pareja más libre por parte de la hembra de los machos agregados en Lek (grupos de machos con despliegue sexual) (5,10,27).

Arita y Kaneshiro (2) citan que el campo territorial del insecto cubre una amplia extensión de fenómenos intimamente asociados con la biología de especies, incluyendo entre estos, la formación de comportamiento territorial, extendiéndose una formación de enjambre y exhibiciones solitarias, este sistema de copulaciones es llamado Lek (4). Este sistema implica la formación de un Lek, que se utiliza como el primer lugar de cortejo para la copulación. Originalmente utilizado solamente en estudios ornitológicos, la palabra Lek se utiliza ahora en una amplia extensión de organismos para definir agregación de territorios que se utiliza por machos para el solo propósito de copulación (33).

Feron (11), Prokopy y Hendrichs (28) fueron los primeros en reconocer el sistema de Lek en moscas de la fruta del Mediterráneo, con sus estudios de liberación de moscas en jaulas de campo.

Estudios realizados por Arita y Kaneshiro (2) sobre la dinámica del sistema de copulación del Lek en Ceratitis capitata (Wied.), indican que solamente una porción del total de la población de machos participan en el sistema del Lek y que entre estos machos hay una diferencia de copulación exitosa. Los machos en Lek exhiben preferencia por ciertos territorios dentro del Lek, golpeándose entre ellos mismos para el control territorial. El sistema de cópula de la mosca del mediterráneo esta por lo tanto caracterizado por una elección de pareja más libre por parte de la hembra, de los machos agregados en "Leks" en la vegetación de las plantas hospederas. Manteniéndose con esta elección por parte de las hembras en el sistema de compañeros en Leks, los machos de la mosca del Mediterráneo producen una compleja variedad de señales sexuales (5).

Las hembras aparentemente utilizan dos estrategias de "entrada en el Lek": Primero: Pueden entrar en territorios preferidos dentro del Lek utilizando la ocupación de un macho para dicho lugar como una indicación de su consitución física genética y, Segundo: Entrar al Lek descendiendo casualmente en el territorio y muestreando el cortejo de varios machos antes de seleccionar un compañero (2).

Todos los machos tienen que relocalizar un Lek cada día, mientras una hembra solo responderá una o pocas veces en su vida (13).

Estudios sobre el comportamiento de copulación en forma relativamente natural de moscas del Mediterráneo silvestres liberadas en jaulas de campo, fueron realizadas por Prokopy y Hendrichs (28) los cuales observaron que el sitio principal de copulación intentada fue la parte superior de las hojas. Avanzada la mañana y temprano en la tarde, los machos se estacionaron en este sitio, frecuentemente formando Lek y con liberación de feromona sexual, atrayendo de esta forma moscas receptivas y vírgenes. También observaron que en la fruta era un sitio adicional importante de intentos de copulación particularmente entre hembras ya copuladas, estas observaciones las realizaron durante la mitad de la mañana y Avanzada la tarde.

En observaciones realizadas en el campo, Arita y Kaneshiro (2) determinaron que el período sexual para la mosca del Mediterráneo empieza a las 9:00 horas y continua hasta 15:00 horas. Este período podrá variar dependiendo de las condiciones ambientales.

Feron (11) dividió el comportamiento de copulación de la mosca del Mediterráneo en tres etapas distintas: El período de espera, la llegada de las hembras, la etapa de asalto y cópula.

Estudios subsiguientes realizados por Arita y Kaneshiro (3) Observaron que el comportamiento de copulación de la mosca del Mediterráneo se puede visualizar como una serie de fases dependientes. Cada fase en parte comprende todo el proceso y por eso varias acciones dentro una fase podrían ejecutarse en otra fase o son requisitos previos para acciones subsecuentes. Las fases que han indentificado son: Comportamiento del Lek, Cortejo y Copulación. El paso inicial en el proceso de la selección sexual en estas especies es la formación de Leks, y para la mosca del Mediterráneo fue observado como una agregación (2-12) de territorios de cortejo dentro del árbol. Cada territorio (una sola hoja) fue seleccionado y ocupado por un solo macho quién defendía su territorio contra intrusos rivales. La función principal de la segregación de feromona es dirigido hacia la atracción de las hembras a los territorios de los machos, también se cree que la exposición de feromonas sirve para "llamar" machos hacia el Lek. El macho inicia el llamamiento de feromona en la "posición de orientación" , las alas se estirán lateralmente paralelas hacia el sustrato, simultáneamente, el extremo distal de abdomen es curvado dorsalmente con la parte distante del centro del epitelio rectal del ano evertido, donde libera la feromona que es segregada por las glandulas del ano. En esta posición

el macho se puede reorientarse con leves levantamientos de alas hasta la llegada de la hembra dentro de su territorio. (22).

En un estudio de laboratorio, Feron (11) concluyentemente demostró que hembras vírgenes de mosca del Mediterráneo son verdaderamente atraídas por la feromona sexual.

En estudios realizados con la mosca del Caribe, *Anastrepha suspensa*, Burk y Calkins (6) determinaron que los machos tienen que pelear con otros machos para mantener su estación de llamada. Los machos perdedores son echados de la hoja, y algunas veces son echados enteramente del Lek. Los dos factores determinantes del resultado de las peleas son el tamaño y la residencia previa. Solo aquellos machos que establecen territorios son capaces de producir estímulos atractivos de hembras en la mosca del Caribe.

La fase del cortejo se inicia cuando una hembra es atraída hacia el territorio de un macho, dirigiéndose esta a la hembra cuando percibe su presencia. Simultáneamente el macho inicia un aleteo cuando la hembra continúa acercándose, el macho luego inicia movimientos de cabeza, abanicando la alas. Si la hembra no cambia de posición, el macho intentará montarse (3).

Wong et al. (34) reportan que cuando moscas criadas en laboratorio, no irradiadas e irradiadas con 7, 10, 13 y 16 Kilorad (Krad.) en nitrógeno, fueron comparadas con moscas silvestres, la respuesta de apareamiento en laboratorio de las moscas no irradiadas fue más rápida que la de las moscas silvestres. También determinaron que la velocidad de apareamiento de las moscas irradiadas criadas en laboratorio se redujo, pero los machos criados en laboratorio que se aparearon, se aparearon igual de bien con hembras silvestres o de laboratorio, no mostrando preferencia (34).

Ohinata et al. (26) determinaron que el nivel de esterilidad de machos de *Ceratitis capitata* (Wied.) fue similar cuando se aplicó radiación gamma a pupas en atmósfera de nitrógeno, CO₂ y Helio en un vacío parcial. Los machos tratados en cada una de las atmósferas modificadas fueron significativamente más competitivos sexualmente que los machos tratados en una atmósfera normal.

En otros estudios se ha determinado que cuando los machos son irradiados en nitrógeno dos días antes de la eclosión, la aplicación de radiación gamma tuvo que incrementarse aproximadamente 2.5 Krad. en una atmósfera

normal para lograr un nivel particular de esterilidad. Sin embargo, la irradiación en nitrógeno que causó el 98% de esterilidad, triplicó la competitividad de los machos en relación a los irradiados en una atmósfera normal (16).

Hooper (15) realizó experimentos de competitividad de cópula, comparando irradiación con neutrones rápidos y γ -radiación y determinó que los neutrones rápidos afectaban la competitividad de machos menos que la γ -radiación.

Katiyar (18) realizó estudios en laboratorio para determinar la competencia en el apareamiento de machos de Ceratitis capitata (Wied.) esterilizados con radiación gamma; y determinó que la radiación gamma baja el vigor para copular en los machos tratados., así mismo notó cierta reducción en la fertilidad de las hembras normales. La reducción máxima de fertilidad (del 89%) se obtuvo, con una proporción de 39 machos estériles por cada macho normal. Un resultado similar obtuvo Feron (12), trabajando con la misma mosca, y encontró que para reducir la fertilidad de las hembras a más de 90% en la población natural, ésta debía ser sobresaturada con machos estériles, en una proporción de 32 a 64 por uno.

Katiyar y Ramirez (20) encontraron, que la viabilidad de huevos de población mixta de moscas estériles irradiadas con rayos gamma y moscas silvestres de Ceratitis capitata (Wied.), en proporciones de 20:1, 40:1, 80:1 y 120:1 (estéril-normal); en los frutos de café fue baja y errática. Basados en las medias de los datos de eclosión, la competencia sexual de los machos irradiados con los normales se redujo aproximadamente 1/6 a 1/5 en las poblaciones mixtas hasta la proporción 80:1. La liberación de moscas estériles y normales en un proporción de 120:1 fue la más eficaz para inhibir el potencial reproductivo de las moscas normales.

Hooper y Katiyar (16) indujeron a machos de Ceratitis capitata (Wied.) a dosis gamma de 1-17 Krad. dos días antes de eclosión de adultos, y fueron confinados con machos y hembras no tratados, en proporciones de 5:1:1, 9:1:1 y 19:1:1. Con las dos primeras proporciones, la eclosión de huevos de los tratamientos usando 5-, 7-, 9- u 11 Krad. se determinó que no hubo diferencia en los machos tratados a pesar de un aumento en esterilidad de machos aproximadamente en 89 ó más de 99%. En la proporción 19:1:1 (machos estériles:machos fértiles:hembras fértiles) del experimento, el tratamiento 7-Krad. produjo la menor eclosión de huevos, y fue significativamente menor para el tratamiento de 11 Krad. Machos irradiados con más de 3 Krad. fueron menos competitivos que los machos no tratados, comparando la eclosión de huevos. Cuando la competitividad de los machos irradiados fue cuantificada, fue claro que mientras más se incrementa la dosis, decrece la competitividad de los machos.

Wong *et al.* (35) estudiaron la alternativa de apareamiento de Ceratitis capitata (Wied) en jaulas de laboratorio, estudiando moscas silvestres F1 x moscas de laboratorio USDA-ARS (AR); moscas de laboratorio de California x moscas del Mediterráneo de Hawaii (CH), encontrando diferencias significativas en la elección de pareja de apareamiento. Pero en jaulas conteniendo, moscas silvestres y moscas de Laboratorio de México (Mx), los machos silvestres prefirieron aparearse con hembras silvestres y los machos MX prefirieron a las hembras MX.

Combinando los cuatro tipos de moscas (ARS, CH, MX y silvestres), el apareamiento de hembras silvestres fue significativamente menor con machos MX comparando con silvestres, pero no fue significativamente diferente con machos AR o CH. Sin embargo, la velocidad con la que los machos silvestres encontraron y copularon con hembras silvestres en estas pruebas de jaula fue significativamente más rápida que con los otros 3 tipos de moscas del Mediterráneo (35).

Holbrook *et al.* (14) en pruebas realizadas en Hawaii para determinar el efecto de la marcación en la competencia de apareamiento con moscas criadas en laboratorio, observó que no fue afectada la competencia por la marcación externa con polvos fluorescentes Day-Glo anaranjados, amarillos y verdes. Pero, los adultos de ambos sexos marcados con polvos rojos tuvieron un incremento a la respuesta de apareamiento.

Katiyar y Valerio (21) realizaron estudios sobre la capacidad de apareamiento de Ceratitis capitata (Wied.) y concluyeron, que el apareamiento de la mosca del Mediterráneo depende de la edad de ambos sexos, que los machos de 24 horas de edad no copulan del todo, mientras que si ocurren algunos apareamientos en hembras de esa misma edad; los apareamientos son más frecuentes cuando ambos sexos tiene más de 48 horas de edad. Después de 48 horas de edad, el porcentaje de apareamiento aumenta conforme aumenta la edad de las moscas, hasta las 144 horas.

En relación a la madurez reproductiva y sexual de la mosca del Mediterráneo, tanto de las moscas criadas en laboratorio como las silvestres, Wong y Nakahara (33) reportan que el 100% de las hembras de Ceratitis capitata (Wied.) criadas en laboratorio se aparearon al día 4 post-emergencia, mientras que solo el 65% de las hembras silvestres se aparearon a los 10 días post-emergencia.

Katiyar y Ramirez (19) estudiaron la frecuencia de copulación y observaron que, cuando hembras de Ceratitis capitata (Wied.) inicialmente copuladas con machos normales o irradiados (10 Krad.) fueron repetidamente recopuladas hasta los 22 días de edad con tipos opuestos de machos, el 41.3% de hembras recopuladas por machos normales y solo el 26.7% recopulados por machos irradiados. Además determinaron que el efecto de la segunda cópula en la fertilidad de hembras es independiente del intervalo de tiempo entre la primera y segunda cópula. La fertilidad de las hembras que fueron alternativamente copuladas por ambos tipos de machos, se incrementó en un 68.2%, cuando la última cópula fue con machos irradiados.

Nakagawa et al. (24) observaron que los machos de la mosca del Mediterráneo son polígamos; sin embargo, el 40% de las hembras no volvieron a aparearse. Entre las hembras restantes (96-173), el 75% se volvieron a aparear 1-2 veces en 49 días. la receptividad de la hembras a volver aparearse aparentemente estuvo relacionado con el volumen de esperma almacenado en la espermateca.

Arita (1) encontró que hay diferencias temporales entre la madurez reproductiva y la madurez sexual en los machos como igualmente en la hembras de Ceratitis capitata (Wied.). Los machos tuvieron su madurez reproductiva después de 48 horas. Las hembras tuvieron su madurez sexual a las 48 horas, pero su madurez reproductiva, hasta 4 días después de nacidas.

3.2 MARCO REFERENCIAL

El estudio se realizó en tres localidades:

- a) En San Sebastián, situado en el departamento de Retalhuleu, sus coordenadas geográficas son: Latitud 14 grados 34 minutos 8 segundos y Longitud 91 grados 43 minutos 10 segundos, con una elevación de aproximadamente 300 msnm y una distancia de 175 kilómetros de la ciudad de Guatemala, en cultivos de café *Coffea arabica* L. El estudio se realizó del 16 al 20 de FEBRERO de 1985.

Según De La Cruz (9), esta área experimental está comprendida dentro de la zona de vida Bosque muy Húmedo Subtropical, con una temperatura media de 22.4° centígrados, promedio mínima 18°C, promedio máxima 24.7°C; absoluta mínima 8.0°C y absoluta máxima 32.5°C. La precipitación total es de 3284.5 milímetros, con 83 días de lluvia y humedad relativa media del 85%. Según Thornthwaite, el clima de la región es cálido, con invierno benigno y verano seco (25).

Según Simmons y Tarano (30), los suelos corresponden a series Chuvá y Samayac, son suelos poco profundos en terrenos inclinados sobre ceniza volcánica suelta, principalmente pomácea, o flujo volcánico lodoso cementado, con buen drenaje interno, el color del suelo es gris oscuro o café oscuro, con texturas franco limosas a arenas francas; sueltas, ocupando relieves suavemente inclinados a inclinados.

- b) En la finca Cruz de las Monjas, municipio de Magdalena Milpas Altas, cuyas coordenadas geográficas son Latitud 14 grados 33 minutos 25 y Longitud 90 grados 41 minutos 18 segundos, con una elevación de aproximadamente 2,000 msnm y a una distancia 40 kilómetros de la ciudad de Guatemala, en cultivo de café *Coffea arabica* L.. El estudio se realizó del 29 de mayo al 25 de junio de 1985.

Según De La Cruz (9), define esta área experimental dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, con una temperatura media de 18.4°C, promedio de mínima 14°C, promedio máxima 22.7°C; absoluta mínima 4.0°C y absoluta máxima 28.5°C. La precipitación total es de 952.5 milímetros, con 83 días de lluvia y humedad relativa de 75%. Según Thornthwaite, el clima de la región es templado, con invierno benigno y verano seco (25).

Según Simmons y Tarano (30) los suelos corresponden a series Cauqué, Guatemala, Patzicia, Patzité, Quiché, Tecpán y Tolimán, siendo suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, principalmente pomácea o café oscuro, con texturas francas a franco arcillosas, ocupando relieves suavemente inclinados a inclinados.

- c) En la finca El Tempixque, situado en el departamento de Sacatepéquez, municipio de San Miguel Dueñas, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud 14 grados 32 minutos 08 segundos y Longitud 90 grados 47 minutos 15 segundos, con una elevación de aproximadamente 1,500 msnm y a una distancia de 54 kilómetros de la ciudad de Guatemala, con cultivo de café *Coffea arabica* L.. El estudio se realizó del 21 de febrero al 7 de abril de 1984.

De La Cruz (9) esta área experimental esta comprendida dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, con un temperatura media de 18.4°C, promedio de mínima 14°C, promedio de máxima 22.7°C; absoluta mínima 4.0°C y absoluta máxima 28.5°C. La precipitación total es de 952.5 milímetros, con 83 días de lluvia y humedad relativa media 75%. Según Thornthwaite, el clima de la región es templado, con invierno benigno y verano seco (25).

Según Simmons y Tarano (30) los suelos corresponden a las series Cauqué, Guatemala, Patzicia, Patzité, Quiché, Tecpán y Toliman, siendo suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, principalmente pomácea, con buen drenaje interno, el color del suelo es café o café oscuro, con texturas francas a franco arcillosas.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Determinar cuantitativamente la competitividad de apareamiento de machos estériles producidos en laboratorio con machos silvestres de mosca del Mediterráneo, Ceratitis capitata (Wied.) recolectados en cada una de las localidades del estudio.

4.2 ESPECIFICOS

1. Establecer si la competitividad de apareamiento de los machos estériles criados en laboratorio varía significativamente con la de machos silvestres.
2. Establecer si las condiciones de las localidades influyen significativamente en la competitividad de apareamiento de las moscas estériles, en lo que al número de cópulas se refiere.

V. HIPOTESIS

1. La competitividad de apareamiento de los machos estériles criados en el laboratorio con respecto a los machos silvestres no presenta diferencias significativas entre si.
2. La competitividad de apareamiento de los machos estériles criados en el laboratorio con respecto a los machos silvestres no presentan diferencias significativas entre localidades.

VI. METODOLOGÍA

VI.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron zonas cafetaleras a diferentes altitudes con antecedentes de infestación de Mosca del Mediterráneo (Ceratitis capitata Wied.), dichas zonas se localizaron en la costa sur y la meseta central, de las que se escogieron tres localidades (San Sebastian, Retalhuleu; Magdalena, Milpas Altas y San Miguel Dueñas, Sacatepéquez).

Se tomó como referencia el cultivo del café por ser el hospedero principal de la mosca del Mediterráneo en Guatemala. Las localidades que se tomaron de referencia se encontraron en plena producción o sea al inicio de maduración de los granos de café, donde se logra obtener el mayor número de granos infestados por larvas, este periodo comprende de noviembre a mayo.

VI.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un estructura factorial con un diseño al completo al azar, los tratamientos utilizados fueron machos, y hembras silvestres y machos estériles producidos en el laboratorio. El tamaño de cada unidad experimental (jaula de campo) fué de 2.9 m de diámetro x 2.0 m de alto. Se utilizaron marcos de madera (zarandas) de 0.90 m. x 0.90 m., arena de río, plástico, un cernidor de madera, recipientes plásticos de 1 litro, tela de tul, un succionador, jaulas de emergencia de 0.40 m x 0.30 m, pintura acrílica de color amarillo, un pincel, un hidrotérmografo Dickson modelo TH₄-24, frascos de vidrio, computadora y el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

El número de moscas por unidad experimental fué variable, ya que el mismo se encontraba en función de la disponibilidad del material biológico (moscas silvestres) para observación por cada localidad.

VI.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO

VI.2.1 OBTENCION DEL MATERIAL BIOLÓGICO SILVESTRE

Previo a la realización del presente trabajo, se cosechó café maduro con el fin obtener las moscas silvestres (machos y hembras) de Ceratitis capitata (Wied.).

Para la colecta de las larvas se utilizaron zarandas que en su parte superior constaba de una malla de alambre donde el café fue colocado, en la parte inferior fue colocado un plástico con arena (aproximadamente una pulgada de espesor), la cual sirvió como sustrato para que empuparan las larvas que fueron saliendo de los frutos de café.

Cada semana la arena era tamizada, las pupas obtenidas se fueron colocando en las jaulas para emergencia, Diariamente se procedió a sexar la moscas emergidas, utilizando ello un succionador , las moscas sexadas se colocaron en los recipientes de plástico de un litro, selladas con tela de tul, a estas moscas se les dotaba de alimento y agua. Cada recipiente fue identificado con la fecha de emergencia, número de moscas y fecha para estudio.

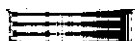
VI.2.2 OBTENCION DE MATERIAL BIOLÓGICO ESTERIL

La mosca estéril se obtuvo del Laboratorio de Producción, Cría y Esterilización de mosca del Mediterráneo, localizado en Metapa de Domínguez, Chiapas, México.

De igual manera que se hizo con las moscas silvestres, las moscas estériles fueron sexadas, solo los machos fueron utilizados, ya que estos eran el objetivo principal del presente estudio, que pretendía determinar la capacidad de competitividad de éstas moscas con los machos silvestres de cada localidad.

VI.2.3 MARCAJE DEL MATERIAL BIOLÓGICO ESTÉRIL

Para poder diferenciar a los machos estériles de los machos silvestres (fértiles), se procedió a marcarlos con pintura acrílica de color amarillo, para esta actividad fue necesario mantener a las machos por dos minutos dentro de un refrigerador con el propósito de disminuir la actividad de los mismos, inmovilizado el macho se procedía a colocarse con un pincel una pequeña marca de pintura en la parte superior del torax.



El marcaje de los machos se realizó un día antes de ser utilizados para las pruebas de competitividad de apareamiento.

Un día antes, previo a los estudios de competitividad, se revisaron los recipientes de plásticos, con las moscas sexadas, con el fin de verificar que el número de moscas fueran el mismo para hembras y machos, como también verificar si no se encontraba una mosca del sexo opuesto dentro del recipiente, ya que si se encontraba una mosca no deseada, quedaba automáticamente eliminado; así también se verificaban que todos los machos estériles estuvieran marcados.

VI.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN:

Para la realización de los estudios de competitividad de apareamiento se utilizó la jaula de campo (8), diariamente dentro de la jaula se liberaron las moscas en una relación 2:1 (1 macho estéril y 1 macho fértil x 1 hembra fértil), Cuando habían alcanzado su maduración sexual para ambos estados. Las pruebas de competitividad se iniciaron a las 8:00 horas y finalizaron a las 17:00 horas.

Para los registros diarios de temperatura y humedad, se colocó el hidrotérmo grafo dentro de la jaula de campo. Durante el día, se observó el comportamiento y la actividad de las moscas, especialmente de los machos en las formaciones de Leks, porque en esos espacios se realizaron las copulas.

Cuando se observaron parejas de moscas copulando, se introducían cuidadosamente en frascos de vidrio individuales, en los que se anotó la fecha, hora de cópula. El propósito de separar a las parejas que copulaban, fué con la finalidad de llevar un registro del número de parejas de machos fértiles y estériles que copulaban durante todo el día.

Al final de cada prueba, las moscas que no copularon eran succionadas de la jaula y no se utilizaban en otras pruebas.

VI.3.1 VARIABLES RESPUESTA:

Para comprobar las hipótesis planteadas se evaluaron los siguientes aspectos:

1. Número de cópulas estériles por localidad
2. Número de cópulas fértiles por localidad

VI.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN:

Para hacer el análisis de las variables evaluadas se tomaron los totales por día de cada una de las localidades, tanto para cópulas fértiles como para estériles, se procedió a calcular porcentaje del número de cópulas por día por localidad para uniformizar la información obtenida, debido a no tenerse el mismo número de moscas para cada día y para cada localidad; además se utilizó una transformación $\sqrt{(\bar{x}+1)}$ para la normalización de los datos. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS, utilizando un modelo bifactorial en un diseño completamente al azar, se realizó el análisis de varianza respectivo para conocer las diferencias significativas, para cada una de las variables, donde existió diferencia se procedió a utilizar la prueba de Duncan a una significancia de 0.05%.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + (\beta\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}	=	Número de Cópulas observado (Transformados) observado en la ij-ésima unidad experimental
μ	=	Media General
β_i	=	Efecto de la i-ésima localidad
α_j	=	Efecto del j-ésimo estado de la mosca
$(\beta\alpha)_{ij}$	=	Interacción entre el i-ésimo nivel del factor β y el j-ésimo nivel del factor α .
ε_{ij}	=	Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor apreciación de los resultados se presenta un consolidado de los totales de cópulas de machos fértiles y machos estériles por localidad en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resultado del número de cópulas en las pruebas de competitividad de apareamiento entre machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wied.) realizadas en las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.

	Localidades		
	El Tempixque	Retalhuleu	Magdalena M.A.
Cópulas Fértiles	102	182	143
Cópulas Estériles	53	213	161
Total Cópulas	155	395	304

El resultado obtenido en el análisis de varianza, demostró que no existió diferencia significativa entre cópulas fértiles y estériles, por lo que se puede decir que el comportamiento sexual es el mismo para ambos estados. Así mismo en el análisis se aprecia que hubo efecto de la localidad (cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de cópulas de machos fértiles y de machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wied.) en las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.

Fuentes de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F	Pr>F
Localidad	2	23.40	11.70	3.79*	0.0267
Estado	1	0.16	0.16	0.05 n.s.	0.8228
Localidad*Estado	2	2.90	1.45	0.47 n.s.	0.6272
Error	80	246.81	3.09		
Total	85	273.26			

*=Significativo; n.s.=no significativo

El análisis de Duncan cuadro 3 demostró que la localidad de Retalhuleu presenta la media de cópulas más altas respecto a las otras dos localidades, esto puede atribuirse a que las condiciones climáticas de las primeras horas de la

mañana (8 a 9 horas) de esta localidad, presenta la temperatura adecuada para el mayor número de cópulas durante la actividad del día.

Cuadro 3. Resultado de la prueba de medias Duncan para el porcentaje de cópulas de machos fértiles y de machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), de las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.

Localidad	N	Media
Retalhuleu (2)	24	16.458 a
Magdalena M.A.(3)	36	8.444 ab
Tempixque (1)	26	5.962 b

Para una mejor apreciación sobre el comportamiento sexual durante el día, se elaboró un consolidado cuadro 5, donde se presentan las horas de mayor actividad de cópula para cada localidad.

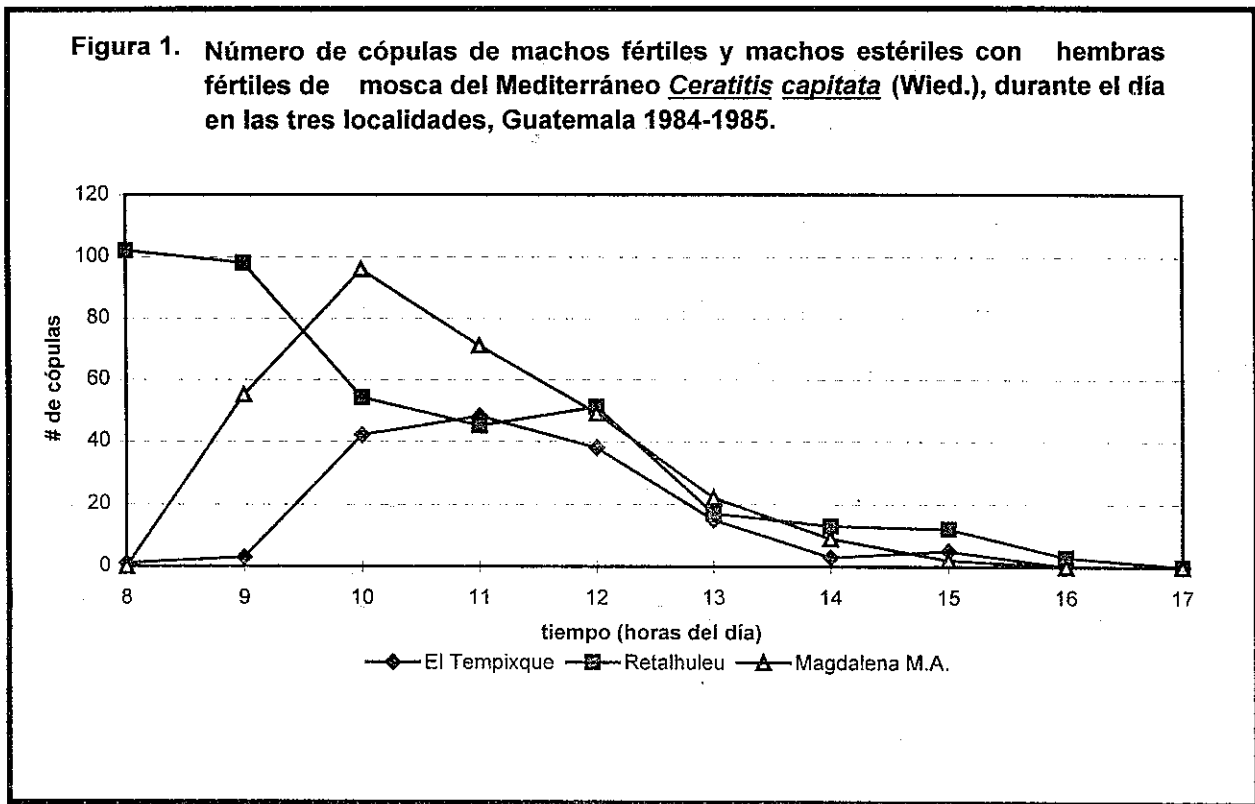
Cuadro 4. Número total de cópulas por hora de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.) en las tres localidades. Guatemala, 1984-1985.

Hora	Localidades		
	Retalhuleu	Magdalena M.A.	El Tempixque
8	102	0	1
9	98	55	3
10	54	96	42
11	45	71	48
12	51	49	38
13	17	22	15
14	13	9	3
15	12	2	5
16	3	0	0
17	0	0	0

En las tres localidades se observa una mayor actividad sexual por la mañana de la 8:00 a las 12:00 horas, para Retalhuleu, la actividad comienza desde muy temprano de 8:00 a 9:00 horas, tendiendo un descenso después del medio día, (figura 1); para las El Tempixque y Magdalena M.A. la mayor actividad esta comprendida entre las 9:00 y 12:00 horas, teniendo descenso después del medio día, similar situación a lo ocurrido en Retalhuleu (localidad 2). Tomando en cuenta que la horas donde existe la temperatura adecuada (24°C - 25°C) varían según la localidad puesto que se encuentran a diferente altitud.

En el presente estudio no se realizó ninguna correlación para determinar la influencia que puede tener la Temperatura como la Humedad Relativa en la competitividad sexual de las moscas evaluadas, ya que esta fué tomada para establecer una referencia en la actividad sexual.

En la figura 1 se muestra la actividad sexual a lo largo del día, teniendo la misma tendencia las tres localidades.



En el anexo se encuentran detalles los datos del: Número total de Cópulas fértiles y estériles, y los datos de Temperatura, Humedad Relativa, que fueron tomados por hora por día, y por localidad.

VIII. CONCLUSIONES

1. No existe diferencia significativa entre machos fértiles y macho estériles de Ceratitis capitata (Wied.) con relación a la competitividad de apareamiento con hembras silvestres.
2. Existe diferencia significativa entre las localidades, las condiciones de la localidad de Retalhuleu son más adecuadas para una mejor actividad sexual.

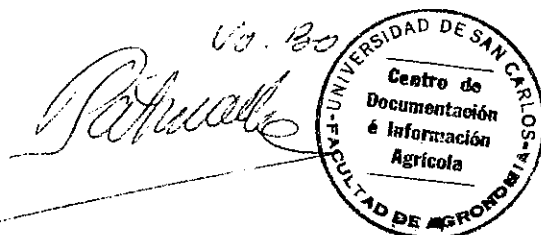
IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre el efecto que pueda tener la luz, humedad relativa y temperatura sobre la competitividad sexual de los machos estériles criados en el laboratorio, de campo.
2. Realizar en forma continua evaluaciones de competitividad sexual estéril-fértil, para determinar la calidad de las nuevas cepas que se producen en las plantas de producción.

X. BIBLIOGRAFIA

1. ARITA, L.H. 1982. Reproductive and sexual maturity of the mediterranean fruit fly. *Ceratitis capitata*. Proceeding, Hawaiian Entomological Society 24(1):25-29.
2. ARITA, L.H. ; KANESHIRO K.Y. 1985. The dynamics of the Lek system and mating success in males of the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. Proceedings, Hawaiian Entomological Society 25:39-48.
3. _____. 1983. Pseudomale courtship behavior of the female mediterranean fruit fly. *Ceratitis capitata*. Proceedings, Hawaiian Entomological Society 24(2-3):205-210.
4. BAKER, R.R. 1983. Insect territory. Ann. Rev. Entomologist. 28:65-89.
5. BURK, T. 1981. Signaling and sex in acalyprate flies. Florida Entomologist 64(1):30-43.
6. _____ ; CALKINS, C. 1983. Medfly mating behavior and control strategies. Florida Entomologist 66(1):3-18.
7. CAUSE, R. ; FERON, M. 1967. Influence du rythme photopériodique sur l'activité sexuelle de la Méditerranéenne des fruit *Ceratitis capitata*. Ann. Epiphyties 18(2): 175-192.
8. CHAMBERS, D.L. et al. 1983. Measuring, monitoring and improving the quality of massreared mediterranean fly. *Ceratitis capitata* Z. ang Ent. 95:285-303.
9. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42p.
10. EMLEN, S.T. ; ORING, L.W. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating. Science 179:215-223.
11. FERON, M. 1962. L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruit *Ceratitis capitata* (Dipt. Trypetidae) Comportement sexuelle. Comportement de pont. Revue of Plant Pathology And Agricultural Entomology of France. 41:1-129.
12. _____. 1965. Mediterranean fruit flies and related species; Laboratory studies in France. In advance in insect population control by the sterile male technique. Vienna, Austria, International Atomic Energy Agency. p. 21-22.
13. FITT, G.P. 1981. Responses by female dacinae to "male" lures and their relationship to patterns of mating behavior and pheromone response. Ent. Exp. & Appl. 29:87-97.
14. HOLBROOK, F.R.; STINER, L.F. ; FUJIMOTO, M.S. 1970. Mating competitiveness of mediterranean fly marked with fluorescent powders. Journal of Economic Entomology 63(2):454-455.
15. HOOPER, G.H. 1971. Sterilization and competitiveness of the Mediterranean fruit fly after irradiation of with fast Neutrones. Journal of Economic Entomology. 64(6) 1369-1372.
16. _____ ; KATIYAR, K.P. 1971. Competitiveness of gamma sterilized males of the mediterranean fruit fly. Journal of Economic Entomology. 64(6): 1068-1071.
17. ITO, Y. et al. 1974. An estimation of population density of *Dacus cucurbitae* with mark-recapture methods. Res. Popul. Ecol. (Kyoto) 15:213-222.
18. KATIYAR, K.P. 1964. Efecto causado por la introducción de machos esterilizados por radiación gamma en una población normal de moscas del Mediterráneo *Ceratitis capitata*. Turrialba (C.R.) 14(4): 211-212.
19. _____ ; RAMIREZ, E. 1970. Mating frequency and fertility of mediterranean fruit fly female alternately mated with normal and irradiated males. Journal of Economic Entomology 63(4):1247-1250.

20. _____, 1972. Suppression of the reproductive potencial of a wild strain mediterranean fruit fly by gamma irradiated male in caged coffee tree. Turrialba (C.R.) 22(2):156-159.
21. KATIYAR, K.P., VALERIO, J. 1964. Estudios sobre la capacidad en el apareamiento de la mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata. Turrialba (C.R.) 4(4):211-212.
22. LLOSTE, J. ; ROCHE, A. 1960. Organes odoriferants des males de Ceratitis capitata. Buul. Soc. Ent. Fr. 65:206-209.
23. McBRIDE, O.C. 1934. Response of the mediterranean fruit fly to its environmental factors. Proceedings Hawaiian Entomological Society 9(1):99-108.
24. NAKAGAWA, S. et al. 1971. Reproduction of the mediterranean fruit fly, frecuency of mating in the laboratory. Annals of the Entomological Society of America. 64(4):949-959.
25. OBIOLS, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala; según el sistema Thorntwaite. Guatemala. Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:1,000,000. Color.
26. OHINATA, K.; ASHRAF, M. ; HARRIS, E.J. 1977. Mediterranean fruit fly: sterility and sexual competitiveness in the laboratory after treatment with gamma irradiation in air, carbon dioxide, helium, nitrogen, or partial vaccum. Journal of Economic Entomology 70(2):165-168.
27. PROKOPY, R.L. 1980. Mating behavior of frugivorous Tephritidae in nature. In proceedings of a symposium on fruit fly problems (1980, Kyoto and Naha). Japan, National Institute of Agricultural Sciencies. p. 37-46.
28. _____ ; HENDRICHS, J. 1978. Mating behavior of Ceratitis capitata on a filed caged host tree. Annals of the Entomological Society of America. 72(5):642-648.
29. SANABRIA, C.A. 1984. Competencia de copulación entre machos estériles de Ceratitis capitata. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40 p.
30. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M., PINTO, J.H. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
31. SHOURKRY, A. ; HAFES, M. 1979. Studies on the biology of the mediterranean fruit fly Ceratitis capitata. Ent. Exp. & Appl. 26:33-39.
32. WILSON, E.O. 1975. Sociobiology. London, Cambridge. Belknap Press. 697 p.
33. WONG, T.T. Y. ; NAKAHARA, L.M. 1978. Sexual development and mating response of laboratory-reared and native Mediterranean fruit flies. Annals of the Entomological Society of America 71(4):592-596.
34. WONG, T.T.Y., NISHIMOTO, J.I. ; COUEY, H.M. 1983. Mediterranean fruit fly (Diptera:Tephritidae): further studies on selective mating response of wild and of unirradiated and irradiated, laboratory - reared flies in field cages. Annals of the Entomological Society of America 76(1):51-55.
35. WONG, T.T.Y. et al. 1984. Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) mating choice of irradiated laboratory - reared and untreated wild flies of California in Laboratory cages. Journal of Economic Entomology 77(1):58-62.



XI. ANEXO

Cuadro 5. Elevación sobre el nivel del mar en metros, promedio de temperatura y humedad relativa, para las tres localidades 1984-1985.

	Localidades		
	El Tempixque	Retalhuleu	Magdalena M.A.
Altitud	1500 msnm	300 msnm	2000 msnm
Temperatura °C	24.0	28.0	23.1
Humedad Relativa %	48.8	68.3	57.6

Cuadro 6. Comportamiento sexual de los machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de moscas del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), con datos de temperatura y humedad relativa. Retalhuleu 1985.

Día	Moscas Liberadas*	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
		Fértiles	Estériles			
1	300	6	5	11	27.8	83.1
2	300	12	5	17	28.6	50.3
3	300	0	2	2	28.4	73.6
4	300	41	9	50	28.4	78.2
5	300	38	4	42	29.1	78.1
6	285	22	50	72	29.1	74.5
7	300	14	25	39	28.8	64.5
8	300	8	43	51	27.7	70.8
9	255	7	29	36	28.2	60.5
10	225	8	19	27	28.3	49.9
11	270	19	14	33	26.3	64.5
12	240	7	8	15	25.4	72.0
Total		182	213	395		
Promedio	281				28.0	68.3

*Relación 2:1 (un macho fértil y un macho estéril por una hembra fértil)

Cuadro 7. Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.) en función de la hora del día, con datos de temperatura y humedad relativa. Retalhuleu 1985.

Hora	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
	Fértiles	Estériles			
8	22	80	102	19.8	85.7
9	37	61	98	23.1	81.6
10	21	33	54	26.6	71.5
11	29	16	45	30.0	63.0
12	38	13	51	31.2	58.3
13	12	5	17	32.4	57.6
14	8	5	13	31.2	60.7
15	12	0	12	29.7	65.3
16	3	0	3	28.7	68.8
17	0	0	0	27.5	70.8
Total	182	213	395	28.0	68.3

Figura 2. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la temperatura como referencia, Retalhuleu 1985.

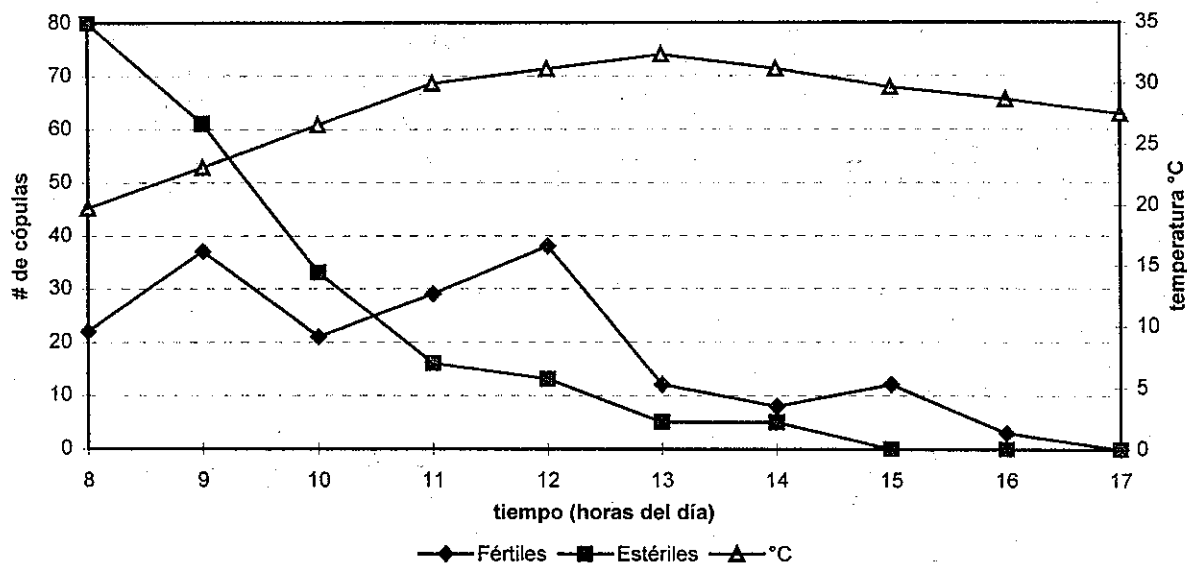
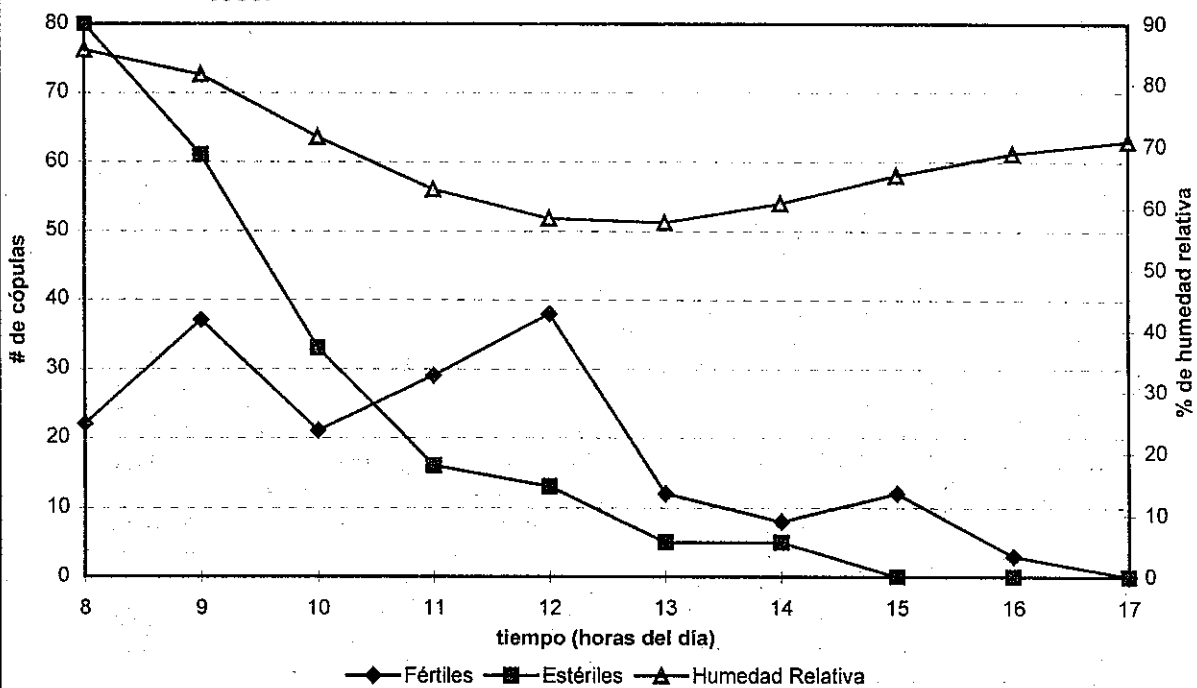


Figura 3. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, Retalhuleu 1985.



Cuadro 8. Comportamiento sexual de las machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), liberadas con datos de temperatura y humedad relativa. Magdalena M.A. 1985.

Día	Moscas Liberadas*	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
		Fértiles	Estériles			
1	150	0	0	0	19.1	79.8
2	150	0	1	1	23.6	63.1
3	210	0	0	0	23.5	63.0
4	195	0	0	0	20.6	69.3
5	210	0	0	0	22.5	63.7
6	165	3	2	5	22.3	62.1
7	210	2	24	26	24.9	51.6
8	159	8	6	14	24.9	51.6
9	180	5	9	14	20.8	70.4
10	210	5	19	24	21.5	73.1
11	240	19	11	30	22.7	54.7
12	150	19	9	28	21.2	66.0
13	195	27	23	50	22.8	52.8
14	210	12	15	27	24.3	46.3
15	195	16	2	18	24.4	44.8
16	165	16	19	35	25.6	45.7
17	165	8	16	24	26.6	37.2
18	180	3	5	8	23.9	40.8
Total		143	161	304		
Promedio	186				23.1	57.6

*Relación 2:1 (un macho fértil y un macho estéril por una hembra fértil)

Cuadro 9. Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), en función de la hora del día, con datos de temperatura y humedad relativa. Magdalena M.A. 1985.

Hora	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
	Fértiles	Estériles			
8	0	0	0	18.2	70.9
9	21	34	55	20.6	66.3
10	46	50	96	24.0	56.8
11	31	40	71	25.7	53.0
12	26	23	49	27.2	48.6
13	13	9	22	25.1	48.4
14	4	5	9	25.8	48.6
15	2	0	2	23.5	52.9
16	0	0	0	20.7	63.9
17	0	0	0	19.9	66.1
Total	143	161	304	23.1	57.6

Figura 4. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la temperatura como referencia, Magdalena M.A. 1985.

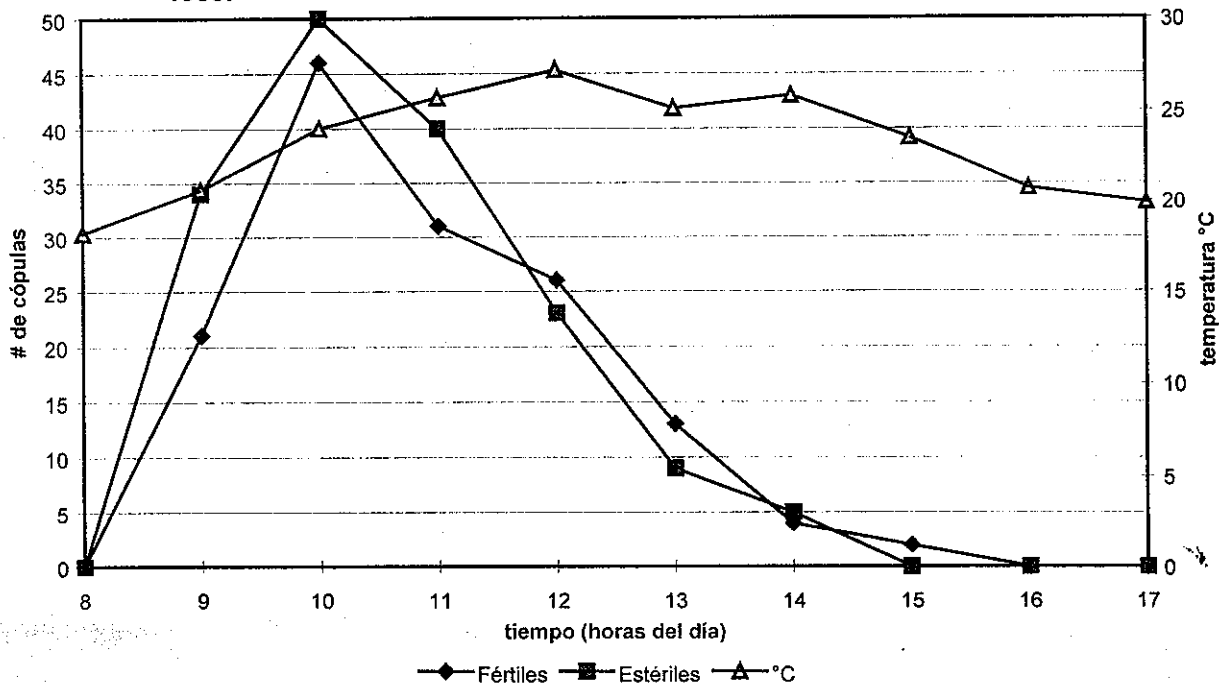
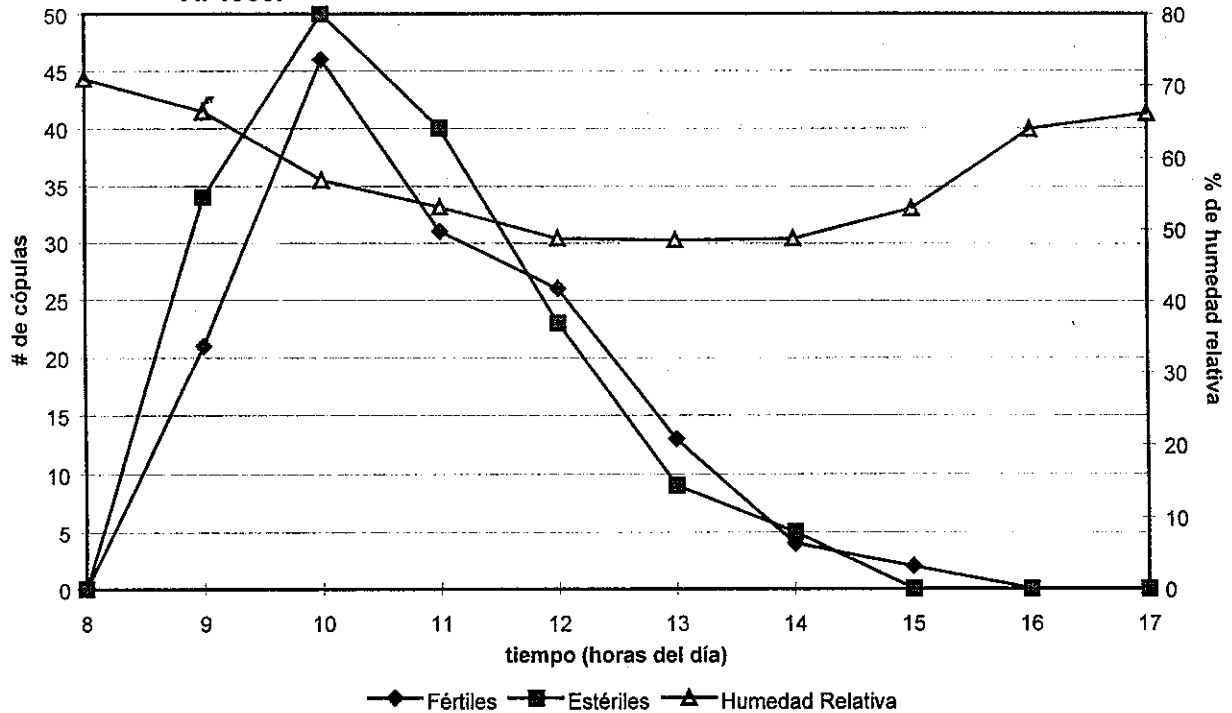


Figura 5. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, Magdalena M. A. 1985.



Cuadro 10. Comportamiento sexual de las machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), liberadas con datos de temperatura y humedad relativa. El Tempixque 1984.

Día	Moscas Liberadas	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
		Fértiles	Estériles			
1	195	8	2	10	24.3	49.9
2	300	0	1	1	24.4	33.1
3	234	0	0	0	24.4	35.3
4	231	2	4	6	24.0	38.4
5	261	5	0	5	24.6	44.8
6	204	2	0	2	25.2	32.4
7	300	0	5	5	21.2	61.9
8	180	5	7	12	23.3	56.8
9	195	1	6	7	21.5	69.7
10	270	8	8	16	24.1	59.6
11	240	24	2	26	23.7	52.0
12	240	34	0	34	25.2	49.2
13	165	13	18	31	26.3	51.2
Total		102	53	155		
Promedio	232				24.0	48.8

*Relación 2:1 (un macho fértil y un macho estéril por una hembra fértil)

Cuadro 11. Total de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), en función de la hora de día con datos de temperatura y humedad relativa. El Tempixque. 1984.

Hora	Cópulas		Total Cópulas	Temperatura °C	Humedad Relativa
	Fértiles	Estériles			
8	0	1	1	17.8	69.2
9	1	2	3	22.6	51.5
10	21	21	42	25.5	38.8
11	34	14	48	26.3	36.8
12	29	9	38	26.2	39.8
13	11	4	15	26.8	39.8
14	3	0	3	25.7	43.5
15	3	2	5	24.9	45.9
16	0	0	0	23.0	56.5
17	0	0	0	21.2	66.2
Total	102	53	155	24.0	48.8

Figura 6. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la temperatura como referencia, El Tempixque 1984.

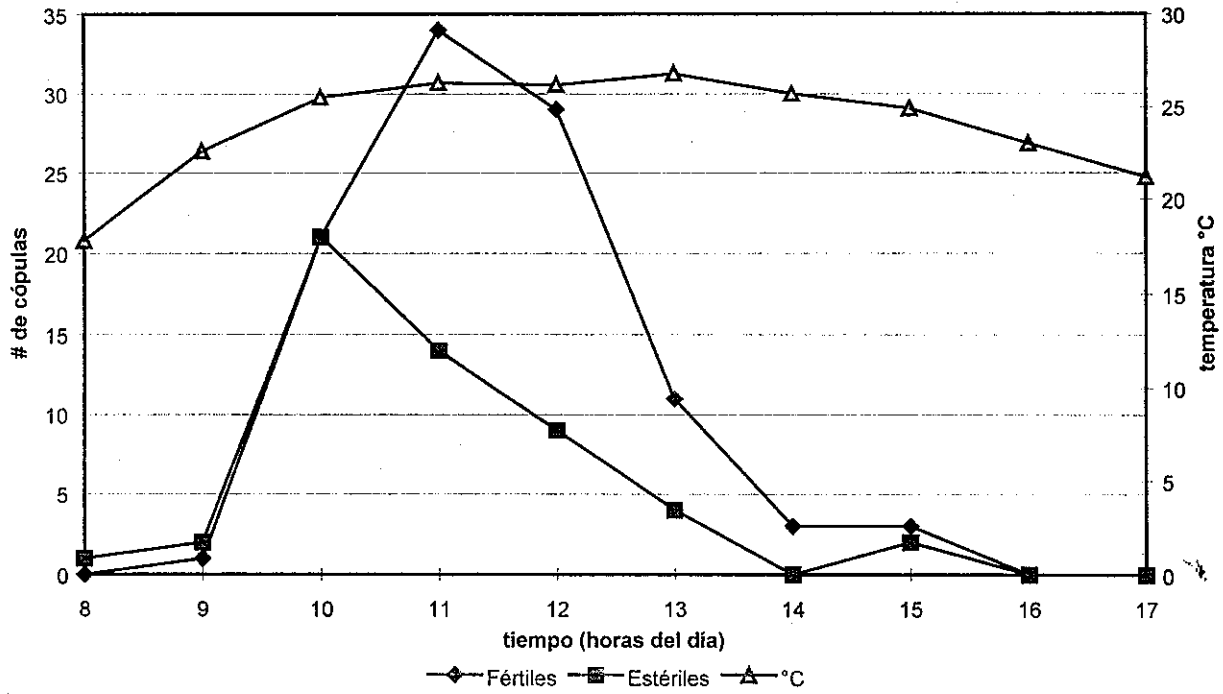


Figura 7. Comparación de la competitividad de apareamiento entre macho fértil versus macho estéril con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), tomando la humedad relativa como referencia, El Tempixque 1985.

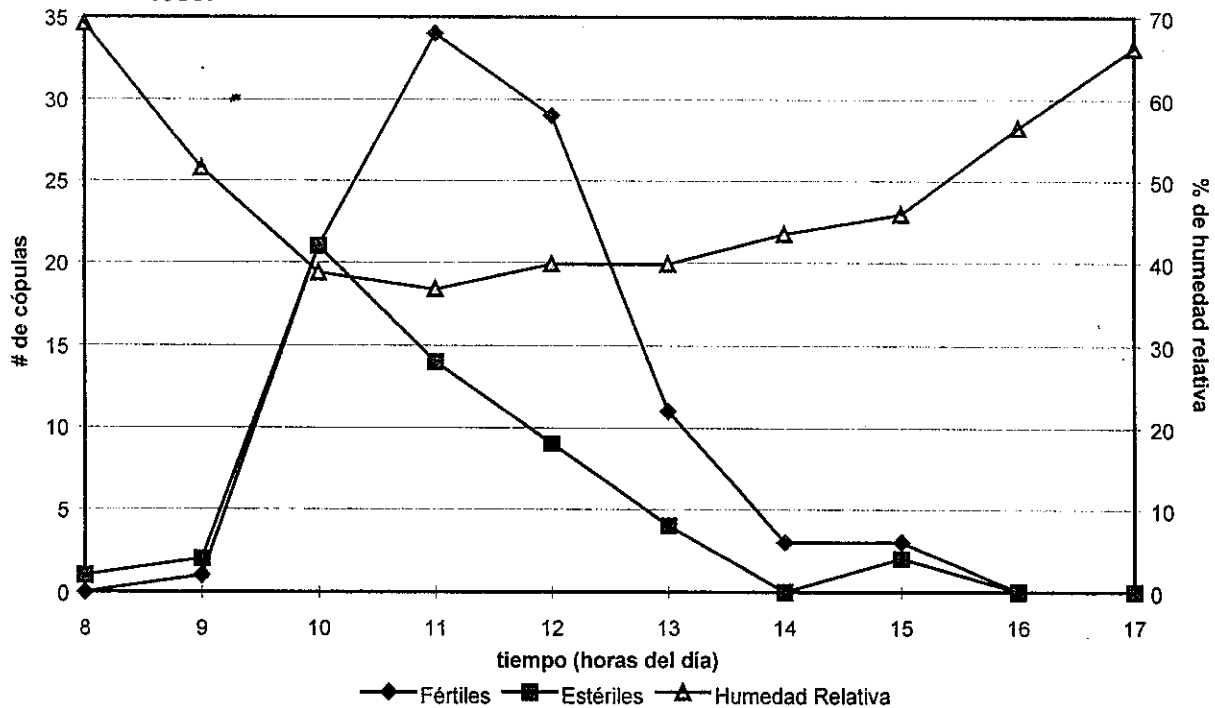
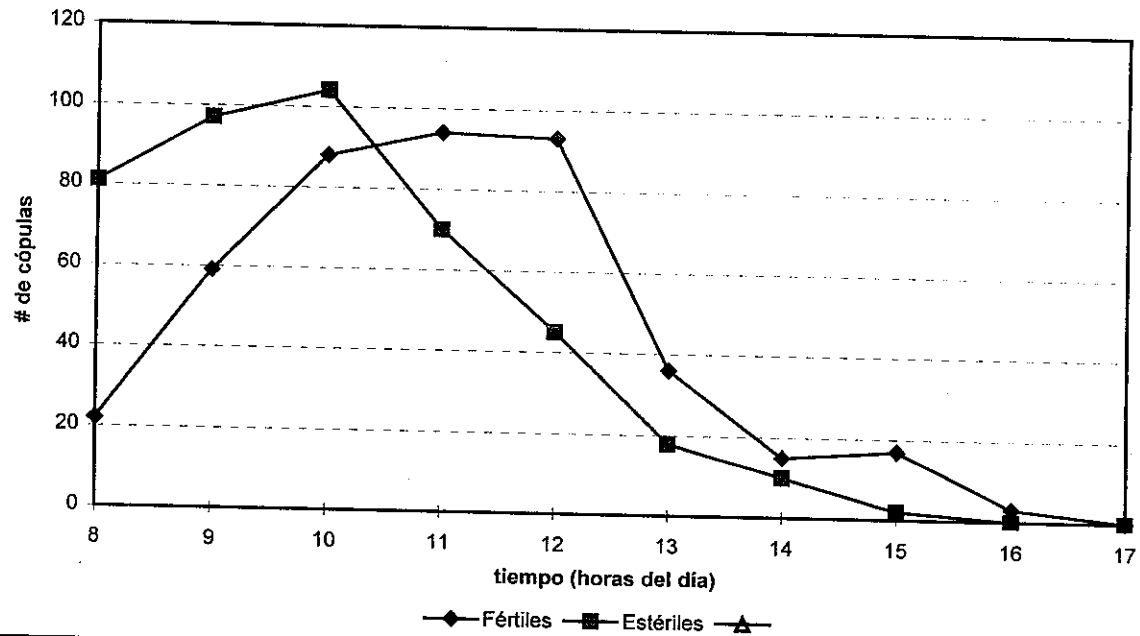


Figura 8. Número de cópulas de machos fértiles y machos estériles con hembras fértiles de mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.), durante el día en las tres localidades, Guatemala 1984-1985.





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

SEM-006-97

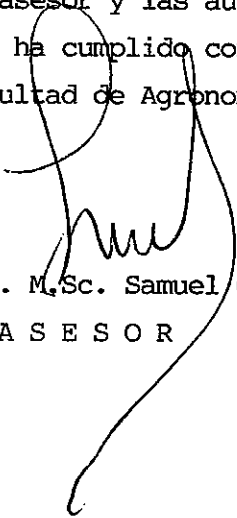
LA TESIS TITULADA: " COMPETITIVIDAD DE APAREAMIENTO ENTRE MACHOS FERTILES
Y MACHOS ESTERILES DE MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis
capitata(WEIDMANN), EN TRES LOCALIDADES DE GUATEMALA".

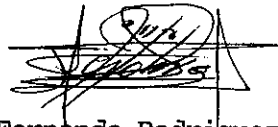
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JORGE GUILLERMO LOPEZ CULAJAY

CARNET: 49651

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marino Barrientos
Ing. Agr. Alvaro Hernandez

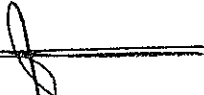
El asesor y las autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar
que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la
Facultad de Agronomía de la la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. M.Sc. Samuel Cordova
A S E S O R


Ing. Fernando Rodriguez B.
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


Ing. Rolando Lara Alecio
DECANO



APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770