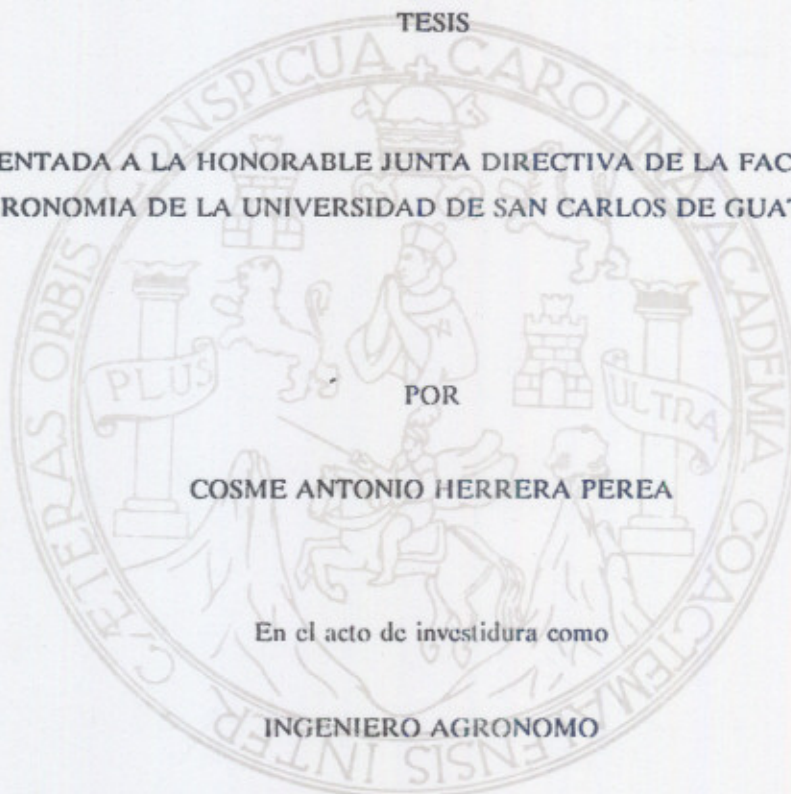


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

"EFECTO DE LA IRRADIACION GAMMA SOBRE LOS PARAMETROS DE CALIDAD
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO Ceratitis capitata Wied.
PRODUCIDA EN GUATEMALA".

TESIS

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



POR

COSME ANTONIO HERRERA PEREA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala mayo de 1993

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

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

EFFECTO DE LA IRADIAION GAMMA SOBRE LOS PARAMETROS DE CALIDAD
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO *Culex quinquefasciatus* Wied.
PRODUCIDA EN GUATEMALA.

TESIS

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

POR

COSME ANTONIO HERRERA PEREA

En el año de iniciación como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala mayo de 1995

BIblioteca Central
FRENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RC
01
T(1452)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Maynor Estrada R.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyces.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Carlos R. Motta De Paz.
VOCAL CUARTO:	Br. Milton Abel Sandoval G.
VOCAL QUINTO:	Br. Juan Gerardo De Leon M.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Marco R. Estrada M.

10
(1952)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. ALONZO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- DECANO: Ing. Agr. Efraim Meléndez G.
- VOCALES PRIMERO: Ing. Agr. Miguel Estrada R.
- VOCALES SEGUNDO: Ing. Agr. Wálter Muñoz Reyes
- VOCALES TERCERO: Ing. Agr. Carlos R. Meléndez G.
- VOCALES CUARTO: Sr. Milton Abel Sánchez G.
- VOCALES QUINTO: Sr. Juan García De León M.
- SECRETARIO: Ing. Agr. Marco R. Estrada M.

Guatemala, mayo de 1993.

Señores:
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala.

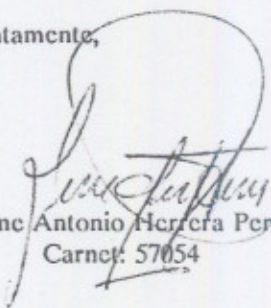
Señores:

En cumplimiento a lo establecido en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE LA IRRADIACION GAMMA SOBRE LOS PARAMETROS DE CALIDAD
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO Ceratitis capitata Wied.
PRODUCIDA EN GUATEMALA".

Como requisito previo a optar a el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Cosme Antonio Herrera Perce
Carnet: 57054

Guatemala, mayo de 1977

Señores
Hospital Justo L'acativa
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores

En cumplimiento a lo establecido en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE LA RADIACIÓN GAMMA SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (*Culex quinquefasciatus* Wied.) PRODUcida EN GUATEMALA."

Como especialista permito a partir de el título de la tesis Agonomo en Recursos Humanos Responder, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

Carlos Antonio
Guatemala, Mayo de 1977

TESIS QUE DEDICO

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**A LAS PERSONAS E INSTITUCIONES DEDICADAS A LA INVESTIGACION AGRICOLA EN
GUATEMALA**

TESIS QUE DEBE

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LAS PERSONAS E INSTITUCIONES DEDICADAS A LA INVESTIGACION AGRICOLA EN

GUATEMALA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES: HERNAN ANTONIO HERRERA MARTINEZ Q.E.P.D.
 EMILIA ANTONINA PEREA CORDOVA

A MI ESPOSA: SUSANA ELIZABETH FERNANDEZ ORDOÑEZ DE HERRERA

A MIS HIJOS: MARIA JOSE HERRERA FERNANDEZ
 LEOPOLDO ANTONIO HERRERA FERNANDEZ
 HERNAN ANDRES HERRERA FERNANDEZ
 JOSE EMILIO ESTEBAN HERRERA FERNANDEZ

A MI HERMANA: TERESA RAFAELA HERRERA PEREA

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

AGRADECIMIENTOS

A EL PROGRAMA MOSCAMED, EN ESPECIAL AL CENTRO DE PRODUCCION DE MOSCA DEL MEDITERRANEO ESTERIL, POR PERMITIRME REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACION.

A LOS INGENIEROS AGRONOMOS RAUL E. CASTAÑEDA Y SAMUEL CORDOVA POR SU VALIOSA COLABORACION Y ASESORIA PARA QUE LA PRESENTE INVESTIGACION PUDIERA LLEVARSE A CABO.

AL ING. AGR. VICTOR ALVAREZ POR SU ASESORIA EN EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO, INGENIEROS AGRONOMOS LUIS ERWIN ANDRADE, DANIEL ESCALANTE, HORACIO NATARENO, RAUL CASTAÑEDA, AL LICENCIADO JORGE MARTINEZ, A LAS LICENCIADAS CAROLINA ROMERO Y MARIA EUGENIA DE ORTIZ, ASI COMO AL Sr. EFRAIN SOSA, EQUIPO TECNICO DE LA PLANTA DE PRODUCCION, POR LA AMISTAD Y EL APOYO QUE ME BRINDARON PARA LA REALIZACION DE ESTA TESIS.

AGRADECIMIENTOS

A EL PROGRAMA MONCAME, EN ESPECIAL AL CENTRO DE PRODUCCION DE MASCAS DEL MEDIOAMBIENTE ESTERIL, POR PERMITIRME REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACION.

A LOS INGENIEROS AGRONOMOS RAUL CASTAÑEDA Y JAMUEL CORDOVA POR SU VALIOSA COLABORACION Y ASESORIA PARA QUE LA PRESENTE INVESTIGACION PUDIERA LLEVARSE A CABO.

AL ING. AGR. VICTOR ALVAREZ POR SU ASESORIA EN EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO, INGENIEROS AGRONOMOS LUIS ERWIN ANDRADE, DANIEL ESCALANTE, HORACIO BATARENO, RAUL CASTAÑEDA, AL LICENCIADO JORGE MARTINEZ, A LAS LICENCIADAS CAROLINA ROMERO Y MARIA EUGENIA DE ORTIZ, ASI COMO AL Sr. BRAIN SOA, EQUIPO TECNICO DE LA PLANTA DE PRODUCCION POR LA AMISTAD Y EL APOYO QUE ME BRINDARON PARA LA REALIZACION DE ESTA TESIS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE GENERAL

		página
	RESUMEN	1
I	INTRODUCCION	3
II	DEFINICION DEL PROBLEMA	4
III	JUSTIFICACION	5
IV	MARCO TEORICO	
	1 Marco Conceptual	
	1.1 Generalidades sobre la técnica del insecto estéril	6
	1.2 Requerimientos para la aplicación de la técnica del insecto estéril.	7
	1.3 Esterilización de la mosca del mediterráneo	7
	1.4 Efectos de la radiación	11
	1.5 Efectos modificantes de los gases en la sensibilidad al radio.	13
	2 Marco Referencial	
	2.1 Ubicación geográfica	14
	2.2 Descripción del ambiente	14
	2.3 Dieta larvaria	14
V	OBJETIVOS	16
VI	HIPOTESIS	16
VII	METODOLOGIA	
	7.1 Material experimental	17
	7.2 Descripción de los tratamientos	17
	7.3 Diseño experimental	18
	7.4 Manejo del experimento	19
	7.5 Procedimiento	19
	7.6 Descripción de las pruebas de control de calidad	
	1. Longevidad	20
	2. Porcentaje e índice de cópula	21
	3. Dosimetría biológica	22
	4. Porcentajes de emergencia y voladoras	23
	7.7 Variable respuesta principal	24
	7.8 Variables complementarias	25
	7.9 Registro de la información	25
	7.10 Análisis de la información	25

VIII RESULTADOS Y DISCUSION

8.1	Porcentaje de Fertilidad	27
8.2	Porcentaje de cópula	29
8.3	Indice de cópula	31
8.4	Porcentaje de voladoras	33
8.5	Porcentaje de emergencia	35
8.6	Longevidad	36

IX CONCLUSIONES

X RECOMENDACIONES

XI BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comparación de los porcentajes de fertilidad de huevecillo, obtenido con machos irradiados con diferentes dosis de radiación.	28
Figura 2	Comparación del porcentaje de cópula obtenido con diferentes dosis de radiación.	30
Figura 3	Comparación del índice de cópula obtenido con diferentes dosis de radiación.	32
Figura 4	Comparación del porcentaje de moscas voladoras, obtenidas con diferentes dosis de radiación.	34
Figura 5	Comparación del porcentaje de moscas emergidas, obtenidas con diferentes dosis de radiación.	36
Figura 6	Comparación de la longevidad de las moscas obtenidas con diferentes dosis de radiación.	37

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Esterilidad en machos de <u>Ceratitis capitata</u> inducida por radiación.	11
Cuadro 2	Condiciones ambientales en las diferentes áreas de producción de mosca del Mediterráneo estéril.	15
Cuadro 3	Ingredientes utilizados en la dieta larvaria de mosca del mediterráneo, a base de germen de trigo.	15
Cuadro 4	Tratamientos evaluados en la prueba de dosis de irradiación.	17
Cuadro 5	Porcentaje de fertilidad de huevecillo obtenido con machos irradiados.	27
Cuadro 6	Análisis de varianza en bloques al azar para la variable porcentaje de fertilidad.	27
Cuadro 7	Significancia de la variable porcentaje fertilidad.	28
Cuadro 8	Porcentaje de cópula, obtenidos con diferentes dosis de radiación.	29
Cuadro 9	Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable porcentaje de cópula.	29
Cuadro 10	Significancia de la variable porcentaje de cópula.	30
Cuadro 11	Índice de cópula, obtenidos con diferentes dosis de radiación.	31

Cuadro 12	Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable índice de cópula.	31
Cuadro 13	Significancia de la variable índice de cópula.	32
Cuadro 14	Porcentaje de moscas voladoras obtenidos con diferentes dosis de radiación.	33
Cuadro 15	Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable porcentaje de moscas voladoras.	33
Cuadro 16	Significancia de la variable porcentaje de moscas voladoras.	34
Cuadro 17	Porcentaje de emergencia obtenidos con diferentes dosis de radiación.	35
Cuadro 18	Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable porcentaje de emergencia.	35
Cuadro 19	Longevidad (horas), obtenida con diferentes dosis de radiación.	36
Cuadro 20	Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable longevidad.	37

"EFECTO DE LA IRRADIACION GAMMA SOBRE LOS PARAMETROS DE CALIDAD
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO Ceratitis capitata Wied.
PRODUCIDA EN GUATEMALA".

"EFFECT OF THE GAMMA IRRADIATION IN THE QUALITY OF THE MEDITERRANEAN FRUIT
FLY Ceratitis capitata Wied. PRODUCED IN GUATEMALA".

RESUMEN

En Guatemala para la esterilización de la mosca del mediterráneo (Ceratitis capitata W.), se aplica una dosis de 14.5 Krad. y se ha observado, como consecuencia de esta esterilización, que existen diferencias de calidad entre las moscas fértiles y estériles producidas, principalmente en cuanto a comportamiento sexual.

Considerando que en otros países se ha logrado esterilizar el insecto con dosis inferiores a 14.5 Krad y tomando en cuenta que la dosis a aplicar debe ser la menor posible a fin de no perjudicar el comportamiento normal del insecto y su competitividad sexual, se planteó la presente investigación con el propósito de establecer si una dosis menor de 14.5 Krad. mejora la calidad de los adultos irradiados. Para el efecto se evaluaron cuatro tratamientos de irradiación, que fueron 0, 10, 12 y 14.5 Krad, siendo el último la dosis que se utiliza en el centro de producción y para propósitos de esta investigación fue el tratamiento testigo.

El material utilizado en el experimento consistió en pupas de mosca del mediterráneo a 48 horas antes de la emergencia del adulto, que fueron colocadas en bolsas de polietileno cerradas, las cuales previo a su irradiación fueron preenfriadas en un cuarto frío a 16°C durante dos horas.

Para la aplicación de los tratamientos, se utilizó como fuente de rayos gamma, Cesio 137, contenido en un irradiador tipo Husman.

Posteriormente se procedió a preparar las pruebas de control de calidad, que permitieron evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta porcentaje de fertilidad, porcentaje e índice de cópula, longevidad y porcentajes de emergencia y moscas voladoras.

En la ejecución del experimento se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro tratamientos y 10 repeticiones, y para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó para la variable porcentaje de fertilidad un análisis de varianza en bloques al azar y para las variables porcentaje de emergencia y moscas voladoras, porcentaje e índice de cópula y longevidad la prueba no paramétrica de Friedman, 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 las moscas presentaron diferencias en la fertilidad de acuerdo a sexo y dosis de radiación recibida, pudiéndose observar que las hembras fueron completamente estériles, no así los machos, cuyo porcentaje de fertilidad, en términos de huevecillos eclosionados, varió de 0.52 a 0.76 y 2.34, al cruzarse con hembras fértiles y conforme disminuyó la dosis de 14.5 a 12 y 10 Krad.

También se observó que las moscas provenientes de pupas tratadas con 10 Krad, son tan hábiles para copular como las fértiles.

En cuanto a porcentaje de moscas voladoras, se observó que no existen diferencias estadísticas entre las moscas obtenidas con los tratamientos de 10, 12 y 14.5 Krad.

En relación a las variables porcentaje de moscas emergidas y longevidad, se determinó que las dosis evaluadas no afectan estas características del insecto, siendo estadísticamente iguales las irradiadas a las fértiles.

Considerando que al disminuir la dosis a 10 Krad se mejora la calidad, se recomienda que se evalúe a nivel de campo la reducción de la dosis de irradiación de 14.5 a 10 Krad, ya que quedó demostrado que se obtienen adultos más competitivos sexualmente.

I INTRODUCCION

La mosca del mediterráneo Ceratitis capitata Wied. es una plaga mundialmente conocida por los daños que causa a más de 200 frutos y hortalizas en los países donde se localiza, provocando pérdidas económicas considerables (10, 25, 24).

Con la finalidad de reducir los daños a la fruticultura nacional y evitar la diseminación de la plaga a países como México y Estados Unidos de Norteamérica, el Programa Mosca del mediterráneo de Guatemala ejerce una serie de medidas de control. Dentro de estas medidas se encuentra la Técnica del Insecto Estéril (TIE), la cual se ha convertido en una de las herramientas más importantes para alcanzar los objetivos de control de las poblaciones de este insecto (32).

Dentro de la aplicación de la TIE, es importante mencionar que la calidad del insecto producido en el laboratorio debe ser excelente para garantizar su competitividad con las moscas silvestres, de ahí que constantemente se estén evaluando por medio del control de calidad parámetros como: peso de pupa, porcentaje de emergencia, porcentaje de moscas voladoras, índice de cópula, longevidad y otros.

Los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros de control de calidad, en la Planta de Producción de Mosca del Mediterráneo de Guatemala, muestran una disminución en la calidad del insecto producido, al comparar las moscas irradiadas con las no irradiadas, principalmente en lo referente al índice de cópula.

Por lo indicado, este estudio tuvo como propósito principal, hacer una evaluación de la dosis de irradiación que actualmente se aplica en la esterilización del insecto, con el objeto de conocer si es posible un cambio, que pueda mejorar la calidad de la mosca producida, principalmente en relación a su respuesta al apareamiento, manteniendo un porcentaje de esterilidad aceptable. Para el efecto se expusieron pupas de C. capitata (Wied). aproximadamente 48 horas antes de la emergencia del adulto, a 3 diferentes dosis de radiación ionizante, obteniéndose los siguientes resultados: Al disminuir las dosis de radiación de 14.5 Krad a 10 Krad, se mejora la calidad de las moscas irradiadas principalmente en su respuesta al apareamiento. En relación a la fertilidad se tuvo un 100 % de esterilidad en las hembras irradiadas, no así en los machos, los que presentaron incrementos en la fertilidad de huevecillo conforme disminuyó la dosis de irradiación de 14.5 a 10 Krad. En cuanto al porcentaje de emergencia y longevidad de las moscas, se encontró que las dosis evaluadas no afectan estas características del insecto.

II DEFINICION DEL PROBLEMA

En la aplicación de la técnica del insecto estéril, es de primordial importancia que las moscas estériles estén capacitadas para sobrevivir, aparearse y desarrollar sus funciones normales, excepto la reproducción (16, 35, 37).

La esterilización de la mosca del mediterráneo, se ha logrado en países como España, Italia, Perú y Estados Unidos de Norteamérica, con dosis que van de 7 a 12 Krad (3, 4, 10, 19, 21, 33). Sin embargo en Guatemala, se ha venido aplicando en la esterilización del insecto, una dosis de 14.5 Krad, la cual es mayor a la mencionada anteriormente; pudiéndose observar como consecuencia de esta dosis una disminución en la competitividad sexual de las moscas tratadas, este hecho ha sido confirmado por varios investigadores como Katiyar y Hooper (17, 32).

Por lo indicado, la presente investigación busca reducir las diferencias de calidad entre material biológico fértil y estéril, principalmente en relación a la habilidad para copular, con el objeto de obtener adultos altamente competitivos con un porcentaje de esterilidad aceptable.

Debido a su naturaleza, las fuentes de radiación sufren un decaimiento exponencial de su actividad con respecto al tiempo, lo que provoca que periódicamente se tenga que incrementar el tiempo de exposición del material biológico, a manera de mantener constante la dosis de radiación que se aplica (16). Esto provoca que disminuya la capacidad de operación del irradiador por unidad de tiempo, ante esta situación, de lograrse un nivel de esterilidad aceptable con una dosis menor a la de 14.5 Krad, se estaría incrementando la capacidad del irradiador por unidad de tiempo.

III JUSTIFICACION

En Guatemala para la esterilización de la mosca del mediterráneo se ha venido aplicando una dosis de 14.5 Krad, la cual fue adoptada de la experiencia de laboratorios que como el de México se dedican a la cría masiva del insecto en mención. Sin embargo la dosis en referencia es superior a la reportada por otros laboratorios como los de España y Perú en donde lograron con 10 Krad esterilizar el insecto.

Por otra parte investigadores como Katiyar, Feron, Shourry y Hooper reportan dosis esterilizantes en mosca del mediterráneo, inferiores a 14.5 Krad.

Por lo expuesto y considerando el éxito obtenido en Florida en 1985, donde se logró erradicar la mosca del mediterráneo por medio de liberaciones de insectos estériles, irradiados con dosis de 12 Krad (10), y tomando en cuenta que la dosis esterilizante debe ser la menor posible a fin de no perjudicar los hábitos y comportamiento normal del insecto, para que sean tan competitivos como sus semejantes en el campo, se consideró necesaria la evaluación de la dosis de 14.5 Krad, con el propósito de conocer si es factible un cambio, para mejorar la calidad del insecto, principalmente en relación a su respuesta al apareamiento, manteniendo un nivel aceptable de fertilidad.

IV MARCO TEORICO

1 Marco Conceptual

1.1 Generalidades sobre la Técnica del Insecto Estéril.

La Técnica del insecto Estéril (TIE) es una de las aplicaciones de la energía atómica en el campo de las ciencias biológicas, específicamente, en el campo de la entomología es aplicada para el combate autocida de insectos plaga; fue Edward Knippling quien propuso en 1938, liberar un gran número de insectos estériles en el seno de una población natural, para reducir el número de individuos de la siguiente generación, e incluso llegar a la total eliminación de la especie, por lo que se le ha considerado como el padre de la TIE (4, 5, 12).

La importancia de esta técnica cobró interés al erradicarse en los años de 1,954-55 el gusano barrenador del ganado (Cochliomyia hominivorax) de la isla de Curacao (3, 5, 12, 21) y del sureste de Estados Unidos (14, 18, 21, 20, 23); otra erradicación obtenida por el mismo método fue la erradicación de la mosca Dacus cucurbitae de las islas del Pacífico (2, 14).

Otros insectos en los que se ha aplicado este método, con variados resultados, ha sido: Ceratitis capitata, Dacus dorsalis, D. cucurbitae, Ostrinia nubilalis (5), Anastrepha ludens (1), A. serpentina (35), Rhagoletis cerasi L. (8), etc.

Desde entonces, han surgido varios programas entre los que destacan los orientados a erradicar las moscas de las frutas; en los cuales, además de buscar un método eficiente de cría artificial y un nivel aceptable de esterilidad, es de primordial importancia, que las moscas irradiadas sean tan competitivas sexualmente como las silvestres (15, 35, 37).

Nadel y Guerreri (37), validaron la técnica del insecto estéril, concluyendo que C. capitata es una de las especies de insectos más indicada para aplicar este tipo de control.

Una característica importante de la TIE es su acción selectiva, lo que evita efectos adversos sobre poblaciones de otros insectos (12).

- 1.2 Requerimientos para la aplicación de la TIE.(1, 4, 5, 12)
- 1) Las dosis esterilizantes deben inducir esterilidad con el mínimo efecto adverso sobre otras características biológicas del insecto, principalmente sobre el vigor sexual de los machos.
 - 2) Los insectos liberados deberán ser distribuidos conforme a la distribución de las poblaciones silvestres, para que puedan competir por cópula.
 - 3) La calidad de los insectos en comportamiento y competitividad debe ser lo más normal posible.
 - 4) Desarrollar métodos para separar sexos, cuando las hembras de las especies sean destructivas.
 - 5) Reproducir masivamente al insecto por métodos prácticos y a un costo que permita que la supresión de las poblaciones sea económicamente factible.
 - 6) Conocer la densidad, dinámica e incremento poblacional de las moscas silvestres, para regular los insectos liberados.
 - 7) Se debe contar con estimaciones de la población nativa, debido a que las liberaciones deben llevarse a cabo cuando las poblaciones silvestres sean extremadamente bajas, para alcanzar una proporción estéril-fértil adecuada.
 - 8) El número de insectos que se necesite liberar, no deben ser perjudiciales directamente para los cultivos, animales o al hombre mismo.
 - 9) Es muy deseable aunque no indispensable, que las hembras solo se apareen una vez.
- 1.3 Esterilización de Mosca del Mediterráneo

Desde que Knippling en 1938, propuso liberar masivamente machos estériles, dentro de una población natural para reducir o eliminar el número de individuos en la siguiente generación, se han venido alcanzando éxitos en algunos casos, esto ha motivado que hasta nuestros días continúen los trabajos sobre este tema, tratando de aplicar el método a otras plagas.

Para lograr la esterilidad reproductiva se han utilizado esterilizantes químicos y diferentes atmósferas de radiación (40). Dentro de éstos, el uso de la radiación gamma se ha generalizado para irradiar insectos, los isótopos más usados como fuentes de rayos gamma son Cobalto-60 y Cesio-137, con una vida media de 5.3 y 30 años respectivamente (13).

El primer éxito con este método se logro en la isla de Curacao, al eliminar el díptero Cochliomyia hominivorax más conocido como gusano tornillo, el cual es una mosca cuya larva vive en la piel del ganado y animales salvajes produciendo miasis (4, 5).

En 1954 se inicio en la isla de Curacao un programa patrocinado por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica para comprobar a media escala lo que la teoría y pequeños ensayos de campo habían demostrado. La erradicación se consiguió en cuatro generaciones. En vista de los resultados obtenidos se inicio la eliminación del mismo insecto en el sur de Estados Unidos (Florida) en una extensión de alrededor de 130,000 km², concluyendo las liberaciones de moscas en noviembre de 1,959 (5).

Balock y colaboradores (7), estudiaron los efectos de la radiación sobre tres especies de moscas de las frutas y reportaron como dosis esterilizante, 10 Krad, aplicada a pupas maduras.

Feron (14) y Hooper (19), obtuvieron esterilidad completa en hembras de C. capitata con dosis de 4 Krad, y en los machos irradiados con dosis de 7 y 8 Krad porcentajes de fertilidad de 1% y 0.4% respectivamente con pupas de 8 días de edad.

En 1965 Katiyar citado por Anwar (3), reporta que la completa esterilidad de la mosca del mediterráneo puede ser obtenida, por exposición de pupas de 7, 8 o 9 días de edad a dosis de 10 Krad, la cual no produce detrimento significativo en las moscas y de hecho mejora la longevidad en ambos sexos. Por su parte Boller y colaboradores en otro laboratorio trabajando con Rhagoletis cerasi L. observaron leves incrementos en la longevidad de las moscas irradiadas con 10 Krad (8).

Katiyar (22) reporta que al liberar mosca del mediterráneo irradiada con 7 y 10 Krad en proporción 120:1 se obtuvo una eficaz inhibición del potencial reproductivo de las moscas normales, obteniéndose un promedio del 1% de huevos viables.

Feron citado por Anwar (3), concluyó que la edad óptima para irradiación de las pupas de C. capitata fue de 8 días y recomienda una dosis de 8 a 10 Krad. Este mismo autor cita a Steiner y colaboradores (1962) quienes obtuvieron la esterilidad de

C. capitata con dosis de 10 Krad a 2 días de la emergencia del adulto. Con la misma dosis Katiyar y Ramírez (22, 21) obtuvieron más del 99% de esterilidad.

En Perú (1969), Simon y colaboradores (33) reportan que con una dosis de 10 Krad, se consiguió inducir esterilidad, permitiendo una razonable dispersión y competencia sexual de los insectos irradiados con los normales en proporción de 50 a 100 estériles por 1 normal. Estos mismos autores encontraron que la aptitud para el apareamiento de adultos machos, provenientes de pupas tratadas con 8 y 10 Krad, es inversamente proporcional a las dosis estudiadas e inferior a la de los adultos machos no tratados. Asimismo encontraron que se obtienen porcentajes de viabilidad de huevecillos inferiores a 0.6% y 0.2%, cuando hembras normales son apareadas con adultos machos provenientes de pupas tratadas con 8 y 10 Krad respectivamente; además en las observaciones realizadas, no se encontró evidencia de una posible recuperación de la fertilidad de los individuos provenientes de las pupas tratadas con las dosis evaluadas.

Ohinata y Chambers (29), reportan que la habilidad de apareamiento de machos irradiados en estado de pupa 2 días antes de la emergencia del adulto, con dosis de 10 Krad, se reduce del 50 al 65% del porcentaje obtenido con los no tratados, sin embargo al irradiar adultos de 2 días de edad en ellos no se reduce la capacidad de apareamiento.

Stone, después de realizar estudios en Hawaii sobre irradiación en Dacus dorsalis Hendel, D. cucurbitae Coq. y C. capitata Weid., estableció que la dosis mínima requerida para prevenir la oviposición de las hembras y la incapacidad de los machos para fertilizarlas, es de aproximadamente 10 Krad, cuando la irradiación se realiza al término del estado pupal, y no encontró diferencias significativas entre las tres especies (33).

Nadel y Guerrieri (33) y Hooper y Katiyar (19), encontraron en experimentos de laboratorio conducidos en la isla de Capri, Italia, que la irradiación de pupas con aproximadamente 7 Krad en el momento más próximo a la emergencia de los adultos, da como resultado la obtención de machos y hembras estériles. En otros experimentos conducidos en Italia, se utilizaron dosis de 7.5 y 9 Krad y en Nicaragua en los inicios del programa se utilizaron 7 y 8 Krad posteriormente se utilizaron 9 Krad (27).

En España, Arroyo y colaboradores en 1965 (4), estudiaron los efectos de la irradiación de pupas de C. capitata de 5, 6 y 7 días de edad irradiadas con 8, 10 y 15 Krad, sobre la esterilidad, mortalidad y vitalidad, encontrando que con las dosis evaluadas no hubo puesta de huevecillos por parte de las hembras irradiadas como pupa a edades de 5 y 6 días. Que de pupas irradiadas a 7 días de edad se obtuvieron machos que apareados con hembras normales estas pusieron huevecillos pero estos no originan larvas. Que el período de vida de los adultos que proceden de pupas de 7 días es mayor que el de los obtenidos con pupas irradiadas de 5 o 6 días. Que la aptitud para el vuelo es menor para los adultos irradiados.

Anwar y colaboradores (3), encontraron que irradiando pupas dos días antes de la emergencia con dosis de 10 Krad se detiene completamente la espermatogénesis.

Trabajos realizados para evaluar el efecto de la radiación sobre la actividad sexual de la mosca del mediterráneo, indican que la radiación reduce la competitividad sexual en los machos de C. capitata (17, 19, 20). Siendo la competitividad sexual inversamente proporcional a la dosis recibida (19).

Hooper (17), Encontró una relación similar, entre esterilidad y dosis, tanto en pupas irradiadas 2 días antes de la emergencia, como en machos adultos de 2 y 6 horas de edad, reportando niveles de esterilidad de 99.5% y 99.8% con dosis de 9 y 13 Krad respectivamente. El mismo autor realizó otra investigación en la que utilizó neutrones rápidos en la irradiación de pupas maduras de C. capitata, obteniendo hembras infecundas con dosis de 0.7 y 1.1 Krad, y 98% de esterilidad en machos con 1.9 Krad. Experimentos posteriores en los que se evaluó la competitividad sexual comparando moscas irradiadas con neutrones rápidos contra las irradiadas con radiación gamma, indican que los neutrones rápidos afectan menos la competitividad de los machos que la radiación gamma (18).

Programas de campo que involucran la liberación de insectos estériles para la supresión o control de la mosca del mediterráneo C. capitata fueron descritos por Murtas y colaboradores (1970), Hooper y Nadel (1970), Mellado (1971), Rhode (1970) y Steiner y colaboradores (1962). En estos programas la mosca del mediterráneo fue irradiada como pupa madura, aplicándoles una dosis de irradiación gamma de aproximadamente 9 Krad en atmósfera de aire (28).

En 1985, la mosca del mediterráneo fue erradicada del sur de Florida por medio de 4 aspersiones aéreas de insecticida cebo, seguidas de la liberación de moscas estériles criadas en Hawaii y esterilizadas con dosis de 12 Krad (10).

Experimentos realizados para determinar el efecto de la radiación sobre la velocidad de cópula, indican que las moscas fértiles criadas en laboratorio son tan rápidas para copular como las silvestres(38).

En el cuadro 1 se observa el comportamiento de la esterilidad de machos de mosca del mediterráneo, irradiados a diferentes dosis según reporte de varios autores.

CUADRO 1. ESTERILIDAD DE MACHOS DE *C. capitata* INDUCIDA POR RADIACION.

DIAS A LA EMERGENCIA DEL ADULTO	DOSIS (Krad)		REFERENCIA
	95%	99.5%	
-2	7	10	KATIYAR (1962)
-1	5	10	KATIYAR Y OTROS (1964)
-2	7	10	KATIYAR Y OTROS (1964)
-3	7.5	10	KATIYAR Y OTROS (1964)
-2	7	10	FERON (1966)
-2 A -3	4	6	SHOUKRY (1968)
-1	6	9	SCHEMEY Y HAISCH (1968)
-2	7	11	HOOPER (SIN PUBLICAR)

Tomado de Zavala, L.J. L. 1990. Procedimientos para la esterilización de *C. capitata* y determinación de la dosis.

1.4 Efectos de la Radiación

El efecto principal de la radiación es el daño genético letal que se causa en las células (12).

Es generalmente aceptado que la causa principal de las mutaciones letales dominantes en la mayoría de los insectos, es la ruptura de los cromosomas por efecto de la radiación. Los insectos que se esterilizan fácilmente como los dípteros, tienen un solo centrómero en cada cromosoma y la pérdida de una porción del cromosoma durante la división celular causa un desbalance genético, mutación más común inducida por radiación (12).

Las radiaciones a que el insecto es sometido, además de afectar el sistema reproductivo y dañar células germinativas (óvulos y espermatozoides), afecta otras características biológicas relevantes, a este respecto, LaChance (12), indica que los efectos principales sobre el insecto son: menor longevidad, dispersión inadecuada, pérdida de la sincronía en los ritmos biológicos, reducción de la actividad sexual y reducción en la habilidad del macho para transferir esperma.

La edad de la pupa también influye en los efectos de la radiación, ya que según lo expuesto por Ohinata y Chambers (29), al irradiar pupas jóvenes es probable la obtención de defectos indeseables tales como reducción de la emergencia de adultos y de la longevidad, además de disminuir la inseminación de los machos. Es por este motivo que en programas a gran escala, la mosca del mediterráneo es esterilizada en estado de pupa con dosis de 10 Krad, 2 o 3 días antes de la emergencia del adulto, además con esto se evitan problemas con el manipuleo de adultos.

Toledo (35) citando a varios autores indica que en trabajos realizados para evaluar el efecto de la radiación sobre la actividad sexual de la mosca med, indican que la radiación baja el vigor de la copulación, por lo que los machos esterilizados responden más tarde al estímulo de la cópula, en comparación con los normales. Hooper citado por Zumrcoglu (41) reportó que la competitividad sexual de las moscas es inversamente proporcional a la dosis de radiación ionizante recibida y directamente proporcional a la edad de la pupa a irradiarse.

Otros estudios efectuados por Katiyar (20), indican que dosis de 8 y 10 Krad parecen reducir el vigor sexual (apareamiento), en cambio machos irradiados con 6 Krad no son adversamente afectados. En relación a la edad de la pupa para irradiación, el autor indica que mientras más cercano al estado de adulto se realice la irradiación más alta es la eficiencia de inseminación de los machos tratados. Posteriores estudios han demostrado que existe incremento en la eficiencia de apareamiento de machos irradiados en estado adulto, 24 horas antes de la emergencia.

Anwar citado por Rendón (32) indica que cuando las pupas son irradiadas en una edad cercana a la emergencia del adulto, se incrementa su competitividad. Wicndl y colaboradores (37) encontraron mayor radioresistencia en pupas próximas a emerger.

1.5 Efectos Modificantes de los Gases en la Sensibilidad al radio.

Los efectos biológicos de la radiación por ionización dependen del medio gaseoso durante el tratamiento de radiación. Los gases como el oxígeno y óxido nitroso aumentan la magnitud del daño biológico (13) este hecho fue confirmado por Ashraf y colaboradores (6) y Boller y colaboradores (8), quienes reportan que la irradiación de pupas en atmósfera de aire afecta severamente la competitividad sexual de los machos.

Por el contrario un vacío o gases que producen anoxia (nitrógeno o bióxido de carbono) disminuyen la magnitud del daño producido por radiación (13). Ashraf y colaboradores 1974, Hooper 1976, LaChance y Richard 1974, Sharp y colaboradores, citados por Ohinata (27) reportan que algunos tephritidos parecen ser menos dañados por las radiaciones, cuando son irradiados en atmósfera de nitrógeno.

En varios estudios se reporta que la irradiación de pupas en atmósfera de nitrógeno reduce el efecto de la esterilización en el gusano tornillo, Cochliomyia hominivorax (Coquerel) y en la mosca doméstica Musca domestica L. (17, 36). Hooper y Wakid, encontraron al irradiar machos de C. capitata con 11 Krad en atmósfera de nitrógeno, que estos fueron 75% mas competitivos que los no tratados y presentaron 2.5% de fertilidad, en estudios posteriores se obtuvo 0.2% de fertilidad con dosis de 16 Krad en atmósfera de nitrógeno, (27).

Ohinata (27, 28), obtuvo valores de 0.5 a 0.26% al irradiar pupas con 10 Krad en atmósfera de aire, y en atmósfera de nitrógeno fueron necesarios 16 Krad para obtener 0.5% de fertilidad (28). Para obtener 0.05% fueron necesarios 18 Krad en atmósfera de nitrógeno (27).

Ohinata (28) reporta que los machos de C. capitata irradiados en atmósfera de nitrógeno o helio, fueron más competitivos que los irradiados en otras atmósferas. Zumrcoglu y colaboradores (41) realizaron experimentos irradiando pupas en atmósfera de nitrógeno y determinaron que al irradiar pupas maduras en nitrógeno produce machos que son más competitivos sexualmente y más capaces de producir feromona sexual que los irradiados en aire.

2 Marco Referencial

2.1 Ubicación geográfica.

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Planta de cría y esterilización de mosca del mediterráneo ubicada en el municipio de San Miguel Petapa del departamento de Guatemala.

2.2 Descripción del ambiente.

El estudio se llevó a cabo a nivel de laboratorio, en condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y luminosidad, presentándose en el cuadro 2 las condiciones ambientales imperantes en las diferentes áreas que comprende la producción masiva de mosca del mediterráneo mediante el sistema Poppin.

2.3 Dieta larvaria.

En la alimentación de las larvas de mosca del mediterráneo se utilizó una dieta artificial a base de bagazo de caña de azúcar y germen de trigo principalmente. Las proporciones y los ingredientes de la dieta se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 2 Condiciones ambientales en las diferentes áreas del Centro de producción de mosca del Mediterráneo estéril, en San Miguel Petapa, Guatemala, 1992.

AREA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	ESTANCIA	FOTOPERIODO
Reproductores	25°C +/- 1	70% +/- 5	9 días después de iniciada la oviposición	oscuridad de 21:00 a 7:00 horas
Huevecillo	27°C +/- 5	80% +/- 5	48 horas	
Iniciación larval	29°C +/- 5	95% +/- 5	48 horas	
Maduración larval I	25°C +/- 5	65% +/- 5	12 horas	
Maduración larval II	21°C +/- 5	70% +/- 5	36 horas	
Maduración larval III	19°C +/- 5	70% +/- 5	+/- 24 horas	
Colecta	20°C +/- 5	70% +/- 5	36 horas	
Pupación	20°C +/- 5	70% +/- 5	48 horas	
Maduración de pupa I	20°C +/- 5	70% +/- 5	4 días	
Maduración de pupa II	20°C +/- 5	70% +/- 5	+/- 6 días	

Cuadro 3 Ingredientes utilizados en la dieta larvaria de mosca del mediterráneo, a base de germen de trigo en San Miguel Petapa, Guatemala, 1992.

INGREDIENTES	PORCENTAJE
Bagazo de caña	15.0
Germen de trigo	6.0
Levadura	9.9
Azúcar	12.0
Benzoato de sodio	0.3
Acido clorhídrico	1.0
agua (lts)	55.7

V OBJETIVOS

- 1 Establecer si una dosis de radiación gamma menor de 14.5 Krad utilizada para la esterilización de mosca del mediterráneo Ceratitis capitata W., mejora los parámetros de calidad de los adultos irradiados.
- 2 Evaluar las diferencias en calidad de las moscas estériles obtenidas con las dosis de rayos gamma por evaluar.

VI HIPOTESIS

- 1 Las dosis de irradiación a evaluar causarán la misma esterilidad en las moscas producidas.
- 2 Las moscas irradiadas no presentarán diferencias en la competitividad sexual y otros parámetros de calidad.

INGREDIENTES	PORCENTAJE
Agua (lit)	25%
Acido clorhídrico	1%
Formol de 37%	0.5%
Alcohol	15%
Lavandula	5%
Centeno de trigo	40%
Sabor de café	15%

VII METODOLOGIA

7.1 Material Experimental

Se utilizaron pupas maduras de mosca del mediterráneo (48 horas antes de la emergencia del adulto) provenientes de lotes de producción normal.

7.2 Descripción de los tratamientos

La investigación consistió en evaluar tres dosis de irradiación y su efecto sobre la fertilidad, competitividad sexual y demás parámetros de calidad de la mosca del mediterráneo. En el cuadro 4 se presentan los tratamientos evaluados, que incluyeron un testigo representado por la dosis de irradiación que se aplica actualmente y un control que consistió en material fértil.

Cuadro 4 Tratamientos evaluados en la prueba de dosis de irradiación. San Miguel Pctapa, junio de 1,992.

TRATAMIENTO	DOSIS
T1	0 Krad
T2	10 Krad
T3	12 Krad
T4	14.5 Krad (TESTIGO)

Los tratamientos fueron asignados al azar a las unidades experimentales; previo a su irradiación, las pupas fueron mantenidas durante 30 minutos en un cuarto frío a 16° C. en bolsas de polietileno abiertas; transcurrido este tiempo, se procedió a inducir hipoxia mediante el cierre hermético de las bolsas, permaneciendo en estas condiciones dentro del cuarto frío durante un período adicional de 1.5 horas. Transcurrido este tiempo se procedió a irradiar las pupa de cada tratamiento conforme le correspondió. Todos los tratamientos fueron sujetos a las mismas condiciones de manejo.

Las dosis de radiación fueron suministradas por una fuente de Cesio-137, contenidas en un irradiador tipo Hussman.

Para la aplicación de las dosis al material biológico se hicieron los cambios correspondientes al tiempo de exposición, mediante el ajuste preciso del tiempo en el reloj contador del irradiador.

7.3 Diseño Experimental.

Se utilizó en la realización del experimento un diseño en bloques al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones; los tratamientos incluyen un testigo.

En el análisis de varianza de las variables porcentaje de moscas emergidas, porcentaje de moscas voladoras, porcentaje de cópula, índice de cópula y longevidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman (26, 34, 39), cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Xr^2 = \frac{12}{k(k+1)} \sum_{j=1}^k (r_j)^2 - 3n(k+1)$$

Donde:

Xr^2 = Valor de la prueba.

n = Número de bloques.

k = Número de tratamientos.

r_j = Suma de rangos dentro de cada tratamiento.

El valor de la prueba se consulta con la tabla de probabilidad de Friedman (p_a), y se analiza de la forma siguiente:

$p = <0.05$ = Diferencia significativa entre tratamientos.

$p = >0.05$ = No existe diferencia entre tratamientos.

Para el análisis estadístico de la variable fertilidad se utilizó un análisis de varianza en bloques al azar cuyo modelo estadístico lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Donde μ es el efecto de la media, β_i es el efecto del i ésimo bloque, τ_j efecto del j otésimo tratamiento, y ϵ_{ij} efecto del error experimental asociado a el i ésimo bloque del j otésimo tratamiento.

7.4 Manejo del experimento

El experimento fue conducido a nivel de laboratorio durante los meses de agosto a noviembre de 1992, período durante el cual se realizaron todas las actividades relacionadas con la selección del material biológico a irradiar (pupas de mosca del mediterráneo), asignación de los tratamientos a las unidades experimentales, aplicación de las dosis de irradiación a las muestras de material biológico y montaje de pruebas de control de calidad, mismas que permitieron evaluar en el laboratorio el efecto de las diferentes dosis de radiación sobre la fertilidad, emergencia, voladoras, longevidad, y propensión a la cópula de la mosca del mediterráneo.

7.5 Procedimiento

a) Selección del material biológico

La selección de la pupa a utilizar en el experimento se realizó en la última fase del estadio pupal, a dos días para la emergencia del adulto.

b) Manejo preirradiación

Luego de seleccionado el lote a emplear en las diferentes pruebas, se procedió a pesarlo y pintarlo mediante la aplicación del colorante fluorescente en proporción de 6 gr/kg de pupa, seguidamente, en bolsas plásticas se pusieron 4 muestras de medio litro cada una, luego, se sortearon los tratamientos a las unidades experimentales. Posteriormente, las bolsas se colocaron en un cuarto frío (16°C) durante media hora, luego se cerraron y permanecieron bajo esas condiciones durante hora y media.

c) Irradiación:

Para la aplicación de las dosis de irradiación las muestras de pupa en las bolsas de polietileno, se colocaron dentro de cilindros de acero inoxidable.

Luego de irradiados los materiales, se procedió a montar las pruebas de control de calidad conforme la metodología descrita por Brazzel (9).

7.6 Descripción de las pruebas de control de calidad

1 Prueba de Longevidad (9, 31, 30).

Es indicativo del tiempo que los machos de mosca del mediterráneo pueden vivir con agua y sin alimento, antes de su liberación.

Esta prueba persigue establecer si las reservas nutricionales del adulto al emerger son adecuadas, el procedimiento que se siguió fue el siguiente.

Se tomaron 5 muestras de pupa en cajas de petrí (140 x 15 mm) con aproximadamente 12,000 pupas cada una y se colocaron dentro de cajas de plexiglass (30 x 41 x 30.5 cm) a cada una de las cajas petrí se les colocó un cilindro de papel para que las moscas tuvieran donde posarse. Dentro de la caja de plexiglass se colocó un recipiente con agua y en la parte superior de la caja, sobre el cedazo, se colocó una porción de alimento; se cerró la entrada de la caja con papel y se esperó a que emergieran los adultos, al suceder esto, las cajas petrí se trasladaron a otras de plexiglass (iguales dimensiones) pero sin agua y sin alimento.

Se permitió que emergieran los adultos durante una hora y seguidamente se extrajeron las cajas de petrí y se desechó el material que contenían. Los adultos se dejaron en la caja de plexiglass durante aproximadamente una hora; mientras tanto, se prepararon 20 recipientes para prueba de longevidad (cinco por tratamiento). Estos recipientes consistieron en cajas de petrí (140 x 15 mm) acondicionadas con cedazo en la parte superior e identificadas para el control correspondiente.

En cada caja petrí se colocaron 50 machos y se mantuvieron en un cuarto a 26°C. La lectura de la prueba se realizó cada 12 horas, se tomó nota del número de adultos muertos. La prueba finalizó cuando murió el 50% de los machos, seguidamente, se procedió a calcular el tiempo en horas que sobrevivió el 50% de los machos adultos.

2 Prueba de Cópula (9, 31, 30).

Mediante esta prueba se mide la capacidad de la mosca estéril para aparearse y la velocidad con que se efectúa el apareamiento. Es indicativo de la capacidad de apareamiento con la población de mosca salvaje. El procedimiento fue el siguiente.

La muestra se tomó del material biológico que quedó en la primera caja de plexiglass que se utilizó para la prueba de longevidad. Se prepararon 32 vasos plásticos con agua, 20 para machos y 20 para hembras (8 vasos por tratamiento incluyendo el repuesto), luego se procedió a sexar a los adultos. Se colocaron 25 machos en cada uno de los 4 contenedores designados para cada tratamiento y 25 hembras (vírgenes) en los cuatro restantes, luego se les proporcionó alimento y se separaron los sexos en diferentes salas durante 7 días, el primer día fue cuando se inició la emergencia. Los adultos fueron mantenidos a 25°C, 60% de humedad relativa y fotoperíodo de luz de 14 horas con alrededor de 1,500 lux. La prueba dio inicio después que las moscas estuvieron bajo 10 horas de oscuridad.

Previo a la prueba a las moscas se les quitó el agua y el alimento de los contenedores, posteriormente se revisaron y se repusieron las moscas que se encontraron muertas. Luego se procedió a trasladar los machos al cuarto de pruebas, donde se liberaron en cajas de plexiglass (25 machos en cada caja). Posteriormente y de igual manera fueron liberadas 25 hembras dentro de las cajas de plexiglass correspondientes a cada tratamiento. Con las cajas ya preparadas se dejó que transcurrieran 5 minutos, luego se expusieron las moscas a luz total (1500 lux), al suceder esto se accionó un contador de tiempo y las parejas que se formaron fueron removidas cada 10 minutos. Durante el tiempo que duró la prueba (1 hora) se mantuvo un registro de las parejas que copularon y que fueron removidas a intervalos de 10 minutos. Al finalizar la prueba, se contó el número de machos y de hembras de cada jaula que no estuvieran lesionadas o lisiadas, para calcular el índice de apareamiento. La prueba se realizó bajo las mismas condiciones ambientales en las que se mantuvo a las moscas.

3 Dosimetría Biológica (31, 30).

El propósito de esta prueba fue comprobar si se mantiene el nivel de esterilidad deseado entre machos y hembras. Para determinar la fertilidad en las hembras se realizaron cruces entre machos fértiles y hembras irradiadas con las dosis en evaluación. La fertilidad de los machos se determinó por medio de cruces entre hembras fértiles y machos irradiados con las diferentes dosis.

La muestra de material biológico se tomó de los adultos que quedaron en las primeras cajas de plexiglass que se utilizaron para las pruebas de longevidad y cópula. Se prepararon 21 jaulas para dosimetría, las que poseen en uno de sus extremos el sustrato para oviposición y en el otro una manga de cedazo. En cada jaula se colocaron 25 moscas adultas de ambos sexos según los cruces siguientes:

25 machos T1 (0 Krad) por 25 hembras T1 (0 Krad).

25 machos T1 por 25 hembras T2 (10 Krad).

25 machos T1 por 25 hembras T3 (12 Krad).

25 machos T1 por 25 hembras T4 (14.5 Krad).

25 machos T2 (10 Krad) por 25 hembras T1 (0 Krad).

25 machos T3 (12 Krad) por 25 hembras T1.

25 machos T4 (14.5 Krad) por 25 hembras T1.

Se efectuaron 3 replicas por cruce y se colocaron dentro de cajas de plexiglass. Las cajas ya preparadas se trasladaron a una sala especial para evitar contaminaciones.

Al tercer día se colocó debajo del sustrato de oviposición de cada jaula, una caja petrí con papel filtro negro y húmedo en el fondo, para la colecta de huevecillos.

De los huevecillos obtenidos a partir del 4to. día de la emergencia, fueron colectados diariamente durante 4 días, muestras de 300 huevecillos y fueron incubados a efecto de obtener su porcentaje de eclosión. La temperatura del incubador fue de 28°C.

Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de esterilidad de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Es} = \text{he} / (\text{he} + \text{hne})$$

donde:

Es = Esterilidad

he = Número de huevecillos eclosionados

hne = Número de huevecillos no eclosionados

4 Porcentaje de Emergencia y voladoras (9, 31)

En esta prueba se colocaron para cada tratamiento, 5 tubos de color negro para emergencia y voladoras dentro de una caja de plexiglass, los tubos son de diámetro exterior de 8.9 cm (3.5"), paredes de un espesor de 3.175 mm (1/8") y 10 cm de altura. Como base se utilizó una tapadera de una caja de petrí de un diámetro de 9 cm. Dos días antes de la emergencia del adulto se colocaron 100 pupas en cada caja petrí y se colocó el tubo encima. En su interior, el tubo fue tratado con talco sin olor para que las moscas no salieran caminando a través del tubo. Un papel (1 x 10 cm) se dobla en forma de acordeón y se colocó contra un lado del cilindro en el plato de salida para que las moscas que emergieran tuvieran un lugar donde descansar. Colocados los tubos dentro de la caja de plexiglass, se colocó un recipiente con agua, se cerró la entrada y sobre el cedazo plástico de la caja se colocó el alimento, al emerger las moscas su único camino de acceso a la comida y el agua fue volando fuera del tubo. Fue importante aspirar diariamente las moscas que salieron de los tubos para evitar que al morir, nuevamente cayeran dentro de los mismos. Las jaulas de plexiglass fueron colocadas en un cuarto a 25°C y una humedad relativa aproximadamente del 60%. El nivel de luz fue en promedio de 1,500 lux con iluminación de 14 horas y un fotoperíodo de oscuridad de 10 horas.

A los 4 días de iniciada la prueba se colocó una caja de petrí sobre los tubos negros, se sacaron de la caja y se trasladaron al congelador, después de 15 minutos se sacaron y se procedió a separar el contenido de cada tubo negro en las siguientes categorías:

- a. Pupa no emergida
- b. Adultos parcialmente emergidos
- c. Adultos deformes
- e. Adultos no voladores

Con estos datos se obtuvo el promedio para cada categoría y el porcentaje de emergencia se obtuvo según la fórmula siguiente:

$$\%E = 100 - (pnc + ape)$$

Donde:

E = Emergencia

pnc = Pupa no emergida

ape = adulto parcialmente emergido

Para determinar el porcentaje de voladoras se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%V = \%E - (ad + anv)$$

Donde:

V = Voladoras

E = Emergencia

ad = Adulto deforme

anv = Adulto no volador

7.7 Variables respuesta principal

- 1 Porcentaje de fertilidad. Se determinó por medio de la prueba de dosimetría biológica.
- 2 Competitividad sexual. Se determinaron el porcentaje e índice de cópula por medio de la prueba de propensión al apareamiento o prueba de cópula.

7.8 Variables complementarias

- 1 Habilidad de vuelo: se determinaron los porcentajes de moscas emergidas y de moscas voladoras por medio de la prueba de habilidad de vuelo.
- 2 Longevidad: Se determinó el tiempo de vida del 50% de la población, mantenida con agua y sin alimento por medio de la prueba de longevidad.

7.9 Registro de la información

Con el propósito de facilitar el manejo y posterior análisis de la información obtenida se hizo uso de la estadística descriptiva. Para el efecto se diseñaron cuadros que permitieron ordenar la recolección y toma de datos.

Se elaboraron figuras simples de líneas y barras para facilitar la comprensión, interpretación y análisis de los resultados.

7.10 Análisis de la información

Debido a la naturaleza de los datos, en el análisis estadístico de los resultados se hizo uso de la estadística paramétrica y no paramétrica. A los datos de porcentaje de fertilidad se les efectuó un análisis de varianza en bloques al azar, para efectuar este análisis fue necesario aplicar la transformación " \sqrt{x} ". A los datos de porcentaje de emergencia y moscas voladoras, porcentaje e índice de cópula y longevidad fueron analizados por medio de la prueba no paramétrica de Friedman (26, 34 39), utilizando para los análisis los programas de computación SAS Y NOPAR respectivamente (26).

Por existir diferencias significativas entre tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey a la variable porcentaje de fertilidad, y a las variables porcentaje de emergencia y moscas voladoras, porcentaje e índice de cópula y longevidad se les efectuó una comparación múltiple entre rangos totales (39), la que considera para asignar significancia las diferencias entre rangos totales de tratamientos; el modelo matemático utilizado fue:

$$|R_j - R_j'| = \geq z \sqrt{(bk(k + 1)/6)}$$

Donde:

- $|R_j - R_j'|$ = Valor absoluto de la diferencia entre rangos totales de tratamientos.
- b = Número de bloques.
- k = Número de tratamientos.
- z = Es un valor de probabilidad de la tabla de "z", correspondiente a $\alpha/k(k - 1)$, en donde α es el nivel de significancia.

Finalmente se consideró como discriminante, a los valores mínimos de calidad establecidos en el manual de control de calidad APHIS 81-51 (9, 11), utilizados para evaluar la calidad de las moscas que se producen, debido a que lo importante es producir mosca con altos índices de calidad.

Los valores establecidos según el manual en mención, para cada una de las variables en estudio, son los siguientes:

- a) Porcentaje de emergencia: Una emergencia superior al 85% se considera aceptable.
- b) Porcentaje de moscas voladoras: Se considera normal cuando un 80% de las pupas producen insectos adultos que pueden volar fuera del contenedor de pruebas.
- c) Longevidad: Es aceptable un 50% de mortalidad después de 40 horas con agua y sin alimento.
- d) Índice de propensión al apareamiento: Índices superiores a 50 se consideran satisfactorios.

VIII RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 PORCENTAJE DE FERTILIDAD:

Las dosis de irradiación evaluadas afectaron la fertilidad de acuerdo al sexo, obteniéndose para los cruces entre hembras irradiadas y machos fértiles un 100 por ciento de esterilidad en el huevecillo, es decir que las hembras irradiadas a diferentes dosis fueron completamente estériles. Por el contrario como se observa en el cuadro 5, los cruces entre hembras fértiles con machos irradiados presentaron diferentes niveles de fertilidad de huevecillo de acuerdo a la dosis recibida por lo machos.

Cuadro 5 Porcentaje de fertilidad de huevecillo obtenido con machos irradiados cruzados con hembras fértiles. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	87.83	2.75	0.83	0.58
II	92.50	3.33	0.66	0.58
III	89.34	2.23	0.67	0.58
IV	91.00	1.33	0.42	0.25
V	92.33	3.50	1.08	0.42
VI	93.00	2.11	0.77	0.55
VII	94.58	2.00	1.08	0.75
VIII	86.08	2.92	0.58	0.33
IX	90.58	2.00	1.08	0.58
X	90.75	1.25	0.48	0.58
Medias	90.80	2.34	0.76	0.52

Krad: Kilorad. Rad, siglas en inglés que significan dosis de radiación absorbida.

Para realizar el análisis de varianza en bloques al azar fue necesario aplicar a los datos anteriores la transformación " \sqrt{x} ", presentándose en el cuadro 6 los resultados obtenidos con dicho análisis de varianza, los que indican que para la variable porcentaje de fertilidad existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 6 Análisis de varianza en bloques al azar para la variable fertilidad, San Miguel Petapa, noviembre, 1,992.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALC.	F TAB.
BLOQUE	9	0.4112	0.0457		
TRATAMIENTO	3	545.335	181.778	7735.23	4.60**
ERROR	27	0.6353	0.0235		
TOTAL	39	546.38			

Para establecer cual de los tratamientos evaluados fue el mejor, se procedió a realizar la prueba de tukey, cuyos resultados se presentan en el cuadro 7, e indican que para la variable fertilidad existen diferencias significativas entre la fertilidad del huevecillo obtenido de los machos procedentes de los diferentes tratamientos, obteniéndose los valores más altos de fertilidad con las moscas fértiles (90.8%), correspondientes al tratamiento 0 Krad (T1). Siguiéndole el tratamientos de 10 Krad (T2) con un valor de fertilidad de 2.34%. Además indican que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los remanentes de fertilidad obtenidos con los machos procedentes de los tratamientos de 12 Krad (T3) y 14.5 Krad (T4), los que presentaron en promedio porcentajes de fertilidad de 0.76% y 0.52% respectivamente, los cuales estadísticamente son iguales en relación a la variable en mención.

Cuadro 7 Significancia de la variable porcentaje de fertilidad, San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
T1 0 Krad	90.80	A
T2 10 Krad	2.34	B
T3 12 Krad	0.76	C
T4 14.5 Krad	0.52	C

A continuación se presenta la figura 1, en donde se aprecia en mejor forma el comportamiento de los tratamientos, observándose que al disminuir la dosis de radiación de 14.5 a 10 Krad, se incrementó la fertilidad en los machos. Este incremento de la fertilidad en los machos se dió como consecuencia del menor daño que se causó a las células germinativas (espermatozoides) del insecto. Es decir que las dosis evaluadas no provocan el atrofiamiento completo del sistema reproductivo de los machos de *C. capitata*.

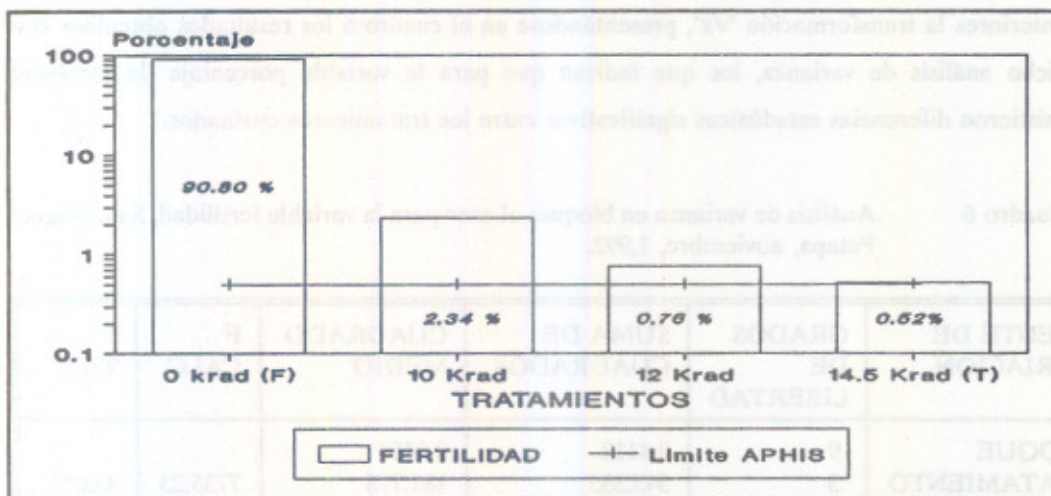


Figura 1 Comparación de los porcentajes de fertilidad de huevecillo, obtenidos con machos irradiados con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

8.2 Porcentaje de cópula.

En el cuadro 8 se presentan los datos de porcentaje de cópula obtenidos con diferentes dosis de radiación.

Cuadro 8 Porcentajes de cópula obtenidos con diferentes dosis de radiación, San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	79.44	67.24	78.77	75.66
II	87.64	85.48	76.95	73.59
III	75.60	77.31	72.92	77.41
IV	86.03	80.42	72.63	74.75
V	79.49	70.38	71.55	59.33
VI	67.81	69.94	66.00	65.27
VII	74.24	68.48	68.43	68.11
VIII	85.17	81.32	82.40	77.05
IX	83.61	70.16	68.42	76.66
X	87.28	79.32	81.46	79.32
Medias	80.63	75.01	73.95	72.72

Krad: Kilorad. Rad, siglas en inglés que significan dosis de radiación absorbida.

Con los datos del cuadro anterior se procedió a efectuar el análisis de varianza de Friedman, presentándose en el cuadro 9 los resultados de dicho análisis, donde se observa un valor de probabilidad de 0.0046 el cual es menor a 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados para la variable porcentaje de cópula.

Cuadro 9 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable porcentaje cópula, San Miguel Petapa, noviembre, 1,992.

J	Tratamiento	R _j	R _j /N	R _j ²
1	0 Krad	37	3.7	1369
2	10 Krad	24.5	2.45	600.25
3	12 Krad	21	2.1	441
4	14.5 Krad	17.5	1.75	306.25
				2716.5

Número de bloques (N) = 10 Número tratamientos (k) = 4

Valor de $Xr^2 = 12.99$ Grados de libertad = 3

Probabilidad = 0.0046

Para establecer estadísticamente el mejor de los tratamientos se procedió a realizar la comparación múltiple entre rangos totales de tratamiento. Los resultados

obtenidos con esta prueba se presentan en el cuadro 10, donde se observa que para la variable respuesta porcentaje de cópula existen diferencias entre las moscas irradiadas (T2 = 10 Krad, T3 = 12 Krad y T4 = 14.5 Krad) y las no irradiadas (T1 = 0 Krad), manifestándose el efecto de la radiación en una disminución del porcentaje de moscas que copulan.

Cuadro 10 Significancia de la variable porcentaje de cópula, San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
T1 0 Krad	80.63	A
T2 10 Krad	75.01	B
T3 12 Krad	73.95	B
T4 14.5 Krad	72.72	B

En la figura 2, se observa el comportamiento de los tratamientos evaluados, apreciándose que el mayor porcentaje de cópula se obtuvo con el tratamiento de 10 Krad, sin embargo no existen diferencias estadísticas significativas entre las moscas irradiadas a 10, 12 y 14.5 Krad. Considerando los estándares internacionales de calidad (APHIS), se observa que los resultados obtenidos se encuentran sobre el límite establecido para los programas de control y erradicación de mosca del mediterráneo.

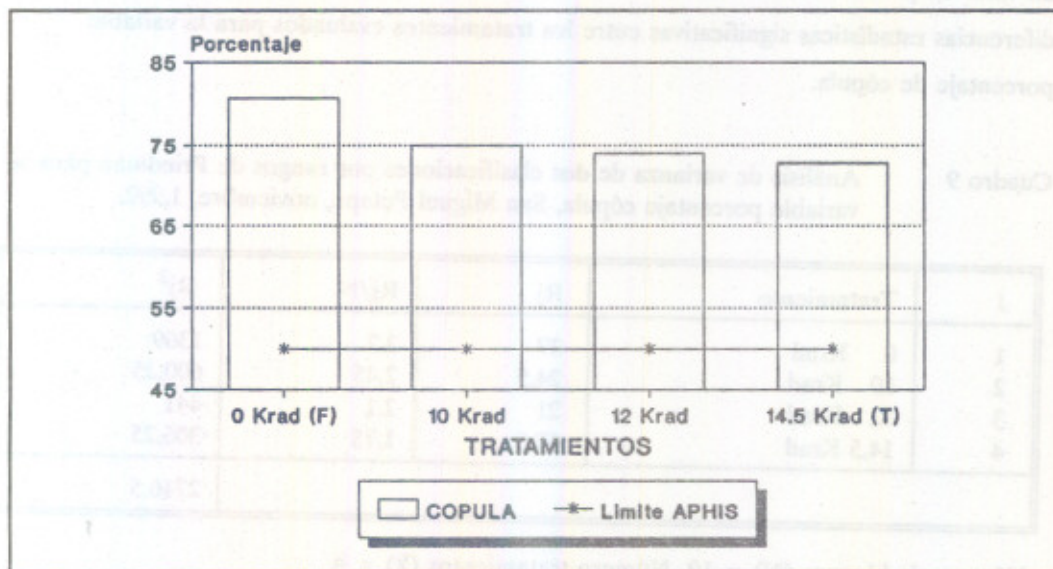


Figura 2 Comparación del porcentaje de cópula obtenido con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

8.3 Índice de cópula

En el cuadro 11 se presentan los datos de índice de cópula obtenidos con diferentes dosis de radiación.

Cuadro 11 Índices de cópula obtenidos con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	60.55	54.19	62.89	55.02
II	71.27	57.93	56.03	54.82
III	57.79	59.63	50.84	55.97
IV	71.55	66.03	52.03	64.33
V	62.38	45.43	43.18	37.59
VI	51.96	51.55	45.53	48.47
VII	50.21	50.72	44.48	48.75
VIII	71.98	56.56	59.11	50.15
IX	54.61	38.34	40.04	37.76
X	69.68	65.79	63.52	58.56
Medias	62.20	54.62	51.77	51.14

Krad: Kilorad. Rad, siglas en inglés que significan dosis de radiación absorbida.

Con los resultados del cuadro anterior se realizó el análisis de varianza por medio de la prueba de Friedman. En el cuadro 12 se presentan los resultados de dicho análisis, donde se obtuvo un valor de probabilidad de 0.0008 el cual es menor que 0.05, lo que indica que para la variable índice de cópula, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 12 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable índice de cópula, San Miguel Petapa, noviembre, 1,992.

J	Tratamiento	Rj	Rj/N	Rj ²
1	0 Krad	37	3.7	1369
2	10 Krad	28	2.8	784
3	12 Krad	20	2.0	440
4	14.5 Krad	15	15.0	225
				2778

Número de bloques (N) = 10 Tratamientos (k) = 4

Valor de $Xr^2 = 16.679$ Grados de libertad = 3

Probabilidad = 0.00082

Para establecer cual de los tratamientos evaluados es el mejor se procedió a realizar una comparación múltiple entre rangos totales de tratamientos, observándose en el cuadro 13 los resultados de dicho análisis, los que indican que para la variable índice de cópula no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T2, T3 y T4, correspondientes a las dosis de 10, 12 y 14.5 Krad respectivamente. Por otro lado las moscas fértiles (T1 = 0 Krad) criadas en el laboratorio, resultan ser estadísticamente tan buenas en su habilidad para copular, como las irradiadas a 10 krad (T2) y diferentes a las moscas obtenidas con los tratamientos T3 y T4, esto como consecuencia del aumento de la radiación, la cual disminuye la habilidad de las moscas para copular, obteniéndose los índices más bajos con el tratamiento de 14.5 Krad.

Cuadro 13 Significancia de la variable índice de cópula, San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
T1 0 Krad	62.20	A
T2 10 Krad	54.62	A B
T3 12 Krad	51.77	B
T4 14.5 Krad	51.14	B

En la figura 3, se aprecia en mejor forma el comportamiento de cada tratamiento, observándose que el índice de cópula disminuye al incrementarse la dosis, obteniéndose los índices más altos con las moscas fértiles criadas en el laboratorio y los más bajos con 14.5 Krad; sin embargo los resultados obtenidos son superiores al límite establecido.

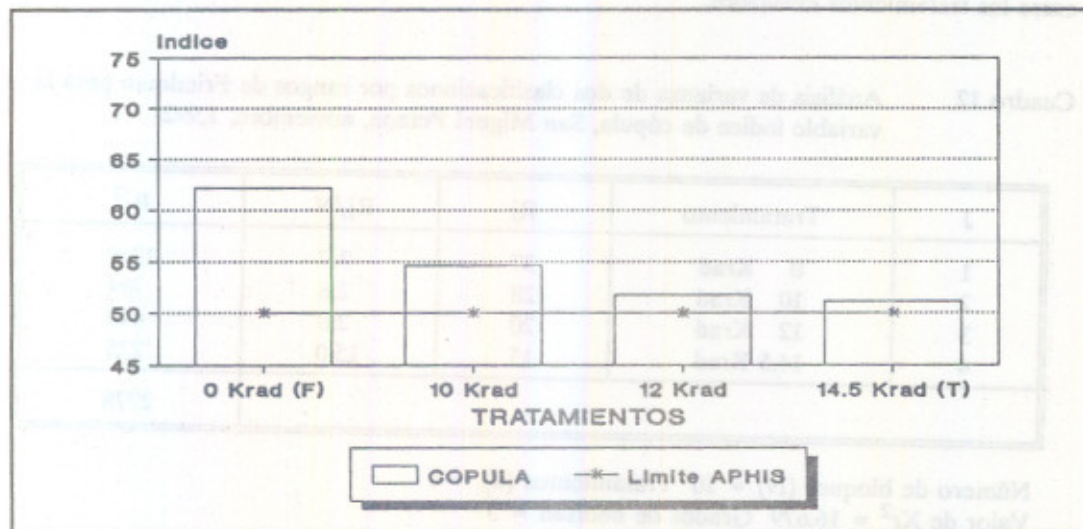


Figura 3 Comparación del índice de cópula obtenido con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

8.4 Porcentaje de moscas voladoras.

En el cuadro 14 se presentan los datos obtenidos para la variable porcentaje de mosca voladoras.

cuadro 14 Porcentaje de moscas voladoras obtenidos con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	86.8	83.4	83.2	85.0
II	74.2	70.8	69.2	75.2
III	81.8	72.4	73.6	74.8
IV	72.6	69.6	71.0	66.0
V	90.2	88.6	92.0	91.2
VI	94.0	93.4	89.8	87.4
VII	91.6	89.6	89.6	88.4
VIII	87.6	83.4	88.4	86.2
IX	86.6	82.8	86.0	84.8
X	93.2	90.6	91.4	90.4
Medias	85.86	82.46	83.42	82.94

Krad: Kilorad. Rad, siglas en ingles que significan dosis de radiación absorbida.

A los datos del cuadro anterior se les efectuó un análisis de varianza de Friedman, presentándose en el cuadro 15 los resultados obtenidos, donde se observa el resultado de probabilidad de 0.00884 el cual es menor de 0.05, lo que significa que estadísticamente existen diferencias entre los tratamientos evaluados para la variable porcentaje de voladoras.

Cuadro 15 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman, para la variable porcentaje de moscas voladoras, San Miguel Petapa, noviembre, 1992.

J	Tratamiento	Rj	Rj/N	Rj ²
1	0 Krad	36	3.6	1296
2	10 Krad	17.5	1.75	306.25
3	12 Krad	25.5	2.55	650.25
4	14.5 Krad	21	2.1	441
				2693.5

Número de bloques (N) = 10

Número de tratamientos (k) = 4

Valor de $Xr^2 = 11.61$ Grados de libertad = 3

Probabilidad = 0.00884

Para determinar estadísticamente qué tratamiento fue mejor, se procedió a realizar una comparación múltiple entre rangos totales de tratamiento, presentándose en el cuadro 16 los resultados de dicho análisis, donde se puede observar que no existen diferencias estadísticas significativas en los porcentajes de voladoras obtenidos con las moscas fértiles criadas en el laboratorio (T1) y las irradiadas con 12 Krad (T3). Por otro lado indican que entre las moscas irradiadas a 10, 12 y 14.5 Krad, no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo el promedio más alto con ellas se obtuvo con el tratamiento de 12 Krad.

Cuadro 16 Significancia de la variable porcentaje de moscas voladoras, San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
T1 0 Krad	85.86	A IV
T3 12 Krad	83.42	A B IV
T4 14.5 Krad	82.94	B VIII
T2 10 Krad	82.46	B IX

En la figura 4, se muestra el comportamiento de los tratamientos evaluados, observándose que de acuerdo a los estándares internacionales de calidad (APHIS), los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos, son superiores a los mínimos establecidos.

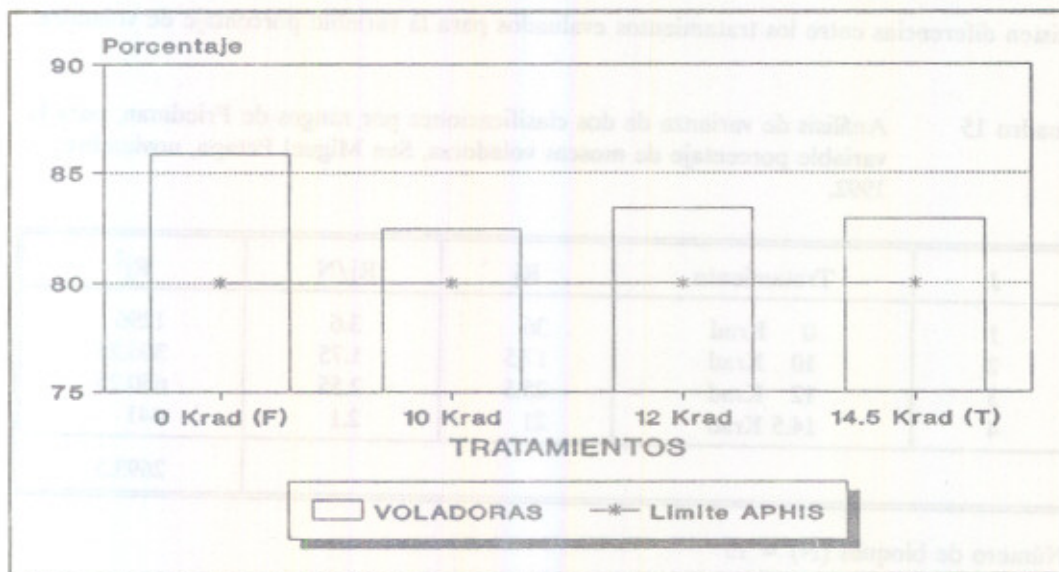


Figura 4 Comparación de las moscas voladoras, obtenidas con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1992.

8.5 Porcentaje de emergencia

En el cuadro 17 se presentan los datos obtenidos para la variable en mención.

Cuadro 17 Porcentaje de moscas emergidas obtenidos con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	92.6	94.2	91.0	92.3
II	90.4	91.4	87.6	88.4
III	93.0	91.0	89.2	93.4
IV	94.4	94.6	90.8	90.6
V	92.0	89.8	93.2	93.8
VI	97.0	96.2	92.2	94.0
VII	95.4	93.2	96.0	93.0
VIII	90.6	87.6	91.6	89.4
IX	93.4	92.2	94.0	91.8
X	94.4	92.8	93.2	93.0
Medias	93.32	92.3	91.88	91.97

Krad: Kilorad. Rad, siglas en inglés que significan dosis de radiación absorbida.

A los datos del cuadro anterior se les efectuó un análisis de varianza de Friedman, presentándose en el cuadro 18 los resultados de dicho análisis, donde se observa que para la variable respuesta porcentaje de moscas emergidas no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de probabilidad obtenido de 0.356, es mayor que 0.05, la mínima esperada para determinar diferencia entre los tratamientos.

Cuadro 18 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable porcentaje de moscas emergidas, San Miguel Petapa, noviembre, 1,992.

J	Tratamiento	R _j	R _j /N	R _j ²
1	0 Krad	31	3.1	961
2	10 Krad	24	2.4	576
3	12 Krad	24	2.4	576
4	14.5 Krad	21	2.1	441
				2554

Número de bloques (N) = 10

Número de tratamientos (k) = 4

Valor de $X^2 = 3.24$

Grados de libertad = 3

Probabilidad = 0.356

En la figura 5, se presenta el comportamiento de los tratamientos evaluados, en donde se puede observar que para esta variable los resultados fueron bastante similares encontrándose por encima de los estándares internacionales de calidad.

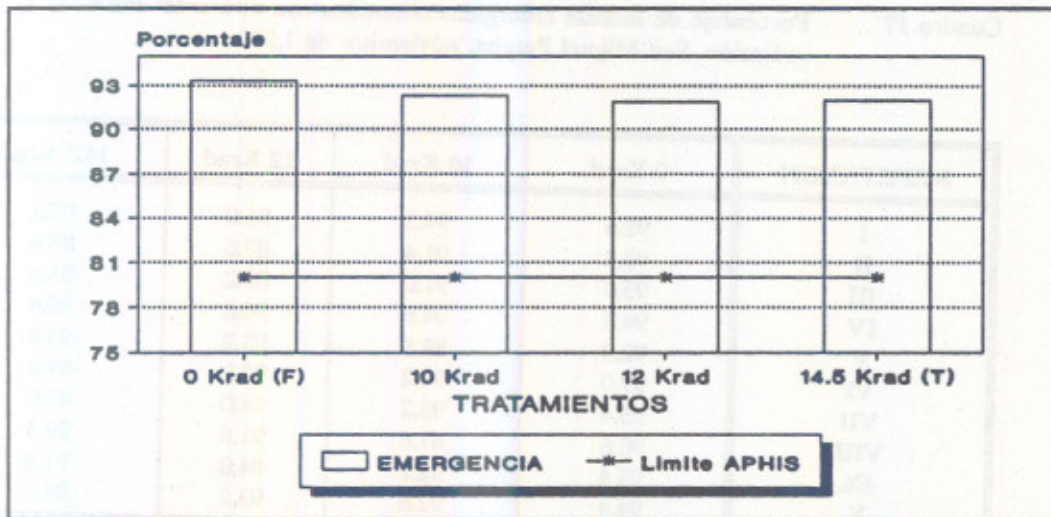


Figura 5 Comparación del porcentaje de moscas emergidas, con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

8.6 Longevidad

En el cuadro 19 se presentan los datos de longevidad obtenidos con diferentes dosis de radiación donde se aprecia que no existen diferencias muy marcadas entre los datos obtenidos con esta variable.

Cuadro 19 Longevidad (horas) obtenida con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

REPETICION	0 Krad	10 Krad	12 Krad	14.5 Krad
I	51.39	53.81	53.14	53.49
II	52.67	52.98	53.26	53.13
III	45.89	56.55	48.26	48.56
IV	53.88	54.23	52.88	53.23
V	43.36	42.51	44.49	42.58
VI	53.75	57.00	55.16	55.75
VII	42.17	44.15	43.19	44.38
VIII	51.91	54.12	53.76	57.38
IX	53.06	51.18	48.55	45.74
X	55.03	54.41	51.81	54.20
Medias	50.31	52.09	50.45	50.84

Krad: Kilorad. Rad, siglas en inglés que significan dosis de radiación absorbida.

En el cuadro 20 se presentan los resultados del análisis de varianza de Friedman, efectuado a los datos anteriores, donde se puede observar que para la variable respuesta longevidad no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de probabilidad obtenido de 0.2177 es mayor que 0.05, la mínima esperada para determinar diferencia entre los tratamientos.

Cuadro 20 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman para la variable longevidad, San Miguel Petapa, noviembre, 1,992.

J	Tratamiento	Rj	Rj/N	Rj ²
1	0 Krad	20	2.0	400
2	10 Krad	31	3.1	961
3	12 Krad	22	2.2	484
4	14.5 Krad	27	2.7	729
				2574

Número de bloques (N) = 10

Número de tratamientos (k) = 4

Valor de $Xr^2 = 4.44$ Grados de libertad = 3

Probabilidad = 0.2177

En la figura 6 se presenta el comportamiento de los tratamientos evaluados, en donde se puede observar, que para esta variable los resultados fueron bastante similares encontrándose por encima de los estándares internacionales de calidad.

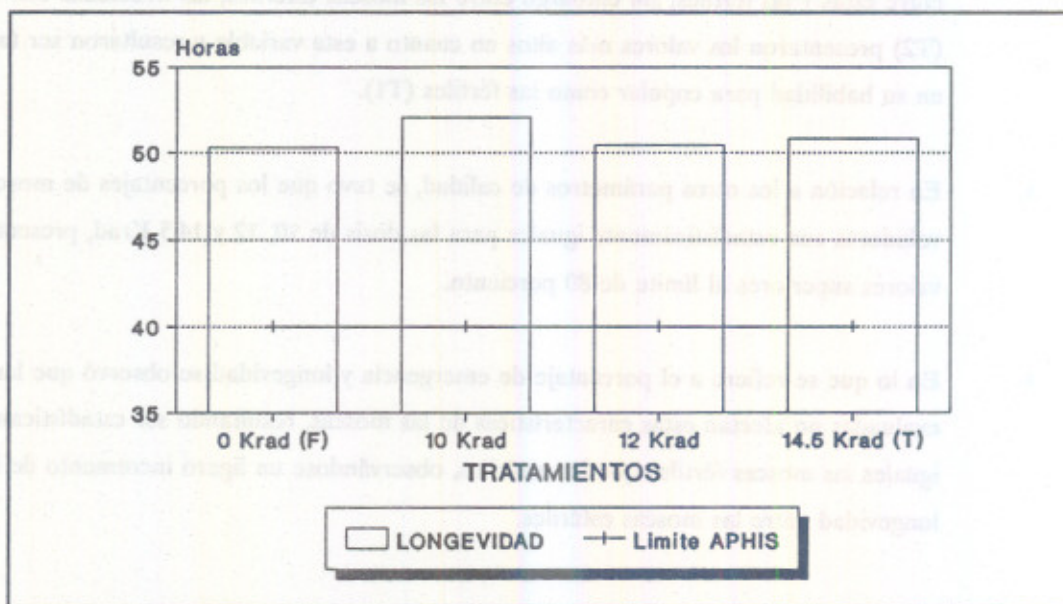


Figura 6 Comparación de la longevidad de las moscas obtenidas con diferentes dosis de radiación. San Miguel Petapa, noviembre de 1,992.

De acuerdo con los resultados presentados se observa que al disminuir la dosis a 10 Krad, se logra mejorar la calidad del insecto producido, en cuanto a su respuesta al apareamiento, sin embargo se incrementa la fertilidad a 2.34%, esto es evidente pues una disminución de la dosis implica una disminución en los daños genéticos producidos al insecto por efecto de la radiación, esta disminución del daño se manifiesta en un incremento de la fertilidad y habilidad de cópula del insecto producido.

IX CONCLUSIONES

1. Las dosis de irradiación evaluadas no causaron los mismos niveles de esterilidad entre las moscas irradiadas a diferentes dosis, pudiéndose observar que como resultado de las dosis evaluadas las hembras fueron completamente estériles, no así los machos que de acuerdo con la dosis recibida y al cruzarse con hembras fértiles, presentaron diferentes porcentajes de fertilidad de huevecillo, este nivel de fertilidad producido por los machos, se incrementó de 0.52 a 0.76 y 2.34% conforme disminuyó la dosis de 14.5 a 12 y 10 Krad. No encontrándose diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de fertilidad obtenidos con las dosis de 12 y 14.5 Krad, correspondientes a los tratamientos T3 y T4 respectivamente.
2. Con las dosis de rayos gamma evaluadas se observó que no existen diferencias estadísticas en cuanto a competitividad sexual entre las moscas irradiadas con diferentes dosis, pero si entre éstas y las fértiles, sin embargo entre las moscas estériles, las irradiadas con 10 Krad (T2) presentaron los valores más altos en cuanto a esta variable y resultaron ser tan buenas en su habilidad para copular como las fértiles (T1).
3. En relación a los otros parámetros de calidad, se tuvo que los porcentajes de moscas voladoras son estadísticamente iguales para las dosis de 10, 12 y 14.5 Krad, presentando valores superiores al límite de 80 por ciento.
4. En lo que se refiere a el porcentaje de emergencia y longevidad se observó que las dosis evaluadas no afectan estas características de las moscas, resultando ser estadísticamente iguales las moscas fértiles que las estériles, observándose un ligero incremento de la longevidad entre las moscas estériles.

X RECOMENDACIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos de la presente investigación, se recomienda que se evalúe a nivel de campo la reducción de la dosis actual de 14.5 Krad a 10 Krad, ya que ello permitirá mejorar la calidad de la mosca que se produce, principalmente en su habilidad de cópula, obteniéndose por lo consiguiente adultos más competitivos sexualmente.
2. Se recomienda continuar con las investigaciones en el campo de la irradiación de mosca del mediterráneo evaluando si es factible mejorar la calidad, al irradiar pupas a 24 horas antes de la emergencia de los adultos.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ALUJA SCHUNEMANN, M. 1984. Manejo integrado de las moscas de la fruta, diptera: tephritidae. México, D.F., Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Mosca del Mediterráneo. p. 217-220.
- 2 ANWAR, M. 1975. Gamma irradiation of melon fly: laboratory studies of the sexual competitiveness of flies treated as pupae 2 days before eclosion or as 2 day old adults. Jour. Econ. Entomol. (EE.UU.) 68(6):733-735.
- 3 -----; et al. 1971. Radiation-sterilization of the mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae): comparison of spermatogenesis in flies treated as pupae or adults. Ann. Entomol. Soc. Am. (EE.UU.) 64(3):627-633.
- 4 ARROYO, M.; et al. s.f. Aplicación de isótopos radiactivos a la investigación de métodos sobre lucha biológica contra plagas. España, s.n. p. 1-24.
- 5 ----- . 1972. La lucha contra las plagas, pasado, presente y ¿futuro?. Revista de la Universidad de Madrid (España) 12(82):262-271.
- 6 ASHRAF, M.; et al. 1975. Melon flies: dosage-response and sexual competitiveness after treatment whit gamma irradiation in a nitrogen atmosphere. Jour. Econ. Entomol. (EE.UU.) 68(6):838-840.
- 7 BALOCK, J.M.; BURDITT, Jr. A.K.; CHRISTENSON, L.D. 1963. effects of gamma radiation on various stages of three fruit flies species. Jour. Econ. Entomol. (EE.UU.) 56(1):42-46.
- 8 BOLLER, E.F.; REMUD, U.; ZEHNDER, J. s.f. Sterilization and its influence on the quality of the european cherry fruit fly, Rhagoletis cerasi L. Switzerland, International Atomic Energy Agency, Swiss Federal Research Station for Arboriculture, Viticulture and Horticulture Wädenswill. p. 179-189
- 9 BRAZZEL, J.R. et al. 1986. Requisitos de las pruebas de control de calidad, especificaciones de calidad y procedimientos de envío de la mosca del mediterráneo de la fruta; producida en laboratorio, para los programas de control del insecto estéril. Estados Unidos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Inspección Sanitaria Animal y Vegetal. APHIS no. 81-51, 31 p.

- 10 CALKINS, C.O. et al. 1988. Evaluations of quality of irradiated mediterranean fruit fly, Ceratitidis capitata (Weidemann) (diptera: tephritidae), at the release site in Miami, Florida during an eradication program in 1985. Florida Ent. (EE.UU.) 71(3):346-351.
- 11 CRUZ URRUTIA, J.F. 1992. Determinación del porcentaje óptimo de sacarosa y evaluación del germen de trigo como fuente de esteroides en la dieta artificial de la mosca del mediterráneo (Ceratitidis capitata Wied.) producida en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de Agronomía. 82 p.
- 12 ENKERLIN H, W.R.; LIEDO FERNANDEZ, P. 1990. Principios de la esterilidad y su aplicación en la TIE contra moscas de la fruta. In Técnica del Insecto Estéril. Chiapas, México, Programa Moscamed. modulo 5. p. 1-13.
- 13 ESTADOS UNIDOS. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Control de plagas de plantas y animales, manejo y control de plagas de insectos. Mexico, Limusa. v. 3, p. 345-378.
- 14 FERON, M. 1966. Sterilization de la mouche mediterránea des fruits, Ceratitidis capitata Wied, per irradiation des pupes aux rayons gamma. Ann. Ep. (Francia) 17(2):229-239.
- 15 GUILLEN A., J. 1990. Efecto de la irradiación gamma de cobalto 60 a 14.5 kilorads sobre la morfología y fisiología de los organos reproductores de la mosca del mediterráneo Ceratitidis capitata (Wied.). In Técnica del Insecto Estéril. Chiapas, México, Programa Moscamed. Módulo 5. p. 174-186.
- 16 GUZMAN, N.; NATARENO, H. 1990. Resultados de la dosimetria química llevada a cabo en el irradiador de la unidad de producción del Programa Moscamed. San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed. s.p.
- 17 HOOPER, G.H.S. 1971. Competitiveness of gamma sterilized males of the mediterranean fruit fly: effect of irradiating pupal or adult stage and of irradiating pupae in nitrogen. Jour. of Econ. Entomol. (EE.UU.) 64(6):1364 - 1368.
- 18 ----- 1971. Sterilization and competitiveness of the mediterranean fruit fly after irradiation of pupae with fast neutrons. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 64(6):1369-1372.
- 19 -----; KATIYAR, K.P. 1971. Competitiveness of gamma sterilized males of the mediterranean fruit fly. Jour. Econ. Entomol. (EE.UU.) 64(2):1068-1071.

- 20 KATIYAR, K.P.; RAMIREZ, E. s.f. Algunos efectos de la radiación gama en el vigor sexual de Ceratitidis capitata (Wiedemann). Turrialba, Costa Rica, s.n. s.p.
- 21 ----- . 1970. Mating frequency and fertility of mediterranean fruit fly females alternately mated with normal and irradiated males. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 63(4):1247-1250.
- 22 ----- . 1972. Suppression of the reproductive potencial of a wild strain mediterranean fruit fly by gamma irradiated males in caged coffee trees. Turrialba (C.R.) 22(2):156-157.
- 23 ----- ; VALERIO, J. s.f. Estudios sobre la capacidad en el apareamiento de la mosca del mediterráneo, Ceratitidis capitata W. s.n.t. p. 39-43.
- 24 MCINNIS, D.O.; McDONALD, P.T.; TAM, S.Y.T. 1985. Mating efficiencies of variable sex-ratio, sterilized populations of the mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae) in the laboratory. Ann. Entomol. Soc. Am. (EE.UU.) 78(6):831-835.
- 25 MCINNIS, D.O.; WONG, T.T.Y.; TAM, S.Y.T. 1986. Mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae): suppression efficiencies of unisexual and bisexual sterilized release populations in field cages. Ann. Entomol. Soc. Am. (EE.UU.) 79(6):931-937.
- 26 MIYARES SIECKAVIZZA, R.A. 1986. Paquete de programas en lenguaje basic para pruebas estadísticas no paramétricas usuales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 382 p
- 27 OHINATA, K.; et al. 1978. Mediterranean fruit fly: gamma-irradiation in nitrogen and packaging for sterile-insect release program in Los Angeles. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 71(4):610-612.
- 28 -----; ASHRAF, M. ; HARRIS, J.E. 1977. Mediterranean fruit flies: sterility and sexual competitiveness in the laboratory after treatment with gamma irradiation in air, carbon dioxide, helium, nitrogen or partial vacuum. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 70(2):165-168.
- 29 -----; CHAMBERS, D.L. 1971. Sterilization of the mediterranean fruit fly by irradiation: comparative mating effectiveness of treated pupae and adults. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 64(4):781-784.

- 30 OROZCO D., D.; SCHWARZ G., A.; PEREZ R., A. 1983. Manual de procedimientos de control de calidad. Chiapas, México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Mosca del Mediterráneo. 137 p.
- 31 PROGRAMA MOSCAMED (GUA). 1989. Manual descriptivo de las actividades técnicas de la cría masiva de la mosca del mediterráneo. Guatemala. 173 p.
- 32 RENDON, P. 1990. Informe sobre aspectos relacionados al índice de cópula del material biológico producido en el laboratorio de cría y esterilización de mosca del mediterráneo de San Miguel Petapa, Guatemala. San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed. s.p.
- 33 SIMON, F.J.E. 1972. Investigaciones sobre control de Ceratitis capitata, por la técnica de insectos estériles en Moquegua, Peru. Rev. Per. Entom. (Peru) 15(1):1-19.
- 34 STEEL ROBERT, G.D.; TORRIE JAMES, H. 1989. Bioestadística principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez. 2 ed. México, Mc. Graw-Hill. p. 520-532.
- 35 TOLEDO A., J. 1990. Dosis óptima de radiación de pupa de Anastrepha serpentina (Wied.) para la obtención de adultos estériles altamente competitivos. In Técnica del Insecto Estéril. Chiapas México, Programa Moscamed, Modulo 5. p. 103-111.
- 36 WAKID, A.M. 1973. Effect of nitrogen during gamma irradiation of puparia and adults of the mediterranean fruit fly on emergence, sterility, longevity and competitiveness. Env. Entomol. (EE.UU.) 2(1):37-40.
- 37 WIENDL, F.M.; SGRILLO, R.B. ; WALDER, J.M.M. 1979. Influencia da idade pupal na radiosensibilidade as radiacoes gamma de Ceratitis capitata (Wied.). Energ. Nucl. Agric. (Bra.) 1(1):15-19.
- 38 WONG, T.T.Y.; NISHIMOTO, J.I.; COUEY, H.M. 1983. Mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae): further studies of selective mating response of wild and of irradiated and irradiated, laboratory-reared flies in field cages. Ann. Entomol. Soc. Am. (EE.UU.) 76(1):51-55.
- 39 WAYNE W., s.f. Applied nonparametric statistics. Estados Unidos, John Wiley. p. 223-231.
- 40 ZABALA L., J.L. 1990. Procedimientos para la esterilización de C. capitata y determinación de la dosis. In Técnica del Insecto Estéril. Chiapas, México, Programa Moscamed, Modulo 5. p. 97-102.

41 ZUMREOGLU, A. et al. 1979. Gamma irradiation of the mediterranean fruit fly: effect of treatment of immature pupae in nitrogen on emergencia, longevidad, sterility, sexual competitiveness, mating ability and pheromone production of males. J. Econ. Entomol. (EE.UU.) 72(2):173-176.

Vo. Co.
Patuallo



42 SIMON, P.J.R. 1973. Investigaciones sobre control de *Ceratitis capitata*, por la técnica de insectos estériles en Honduras, Terr. Indus. (Pan.) 18(1): 1-19.

43 STEIN ROBERT, G.D.; TORRE JAMES, H. 1980. Bionestabilidad: principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez. 2 ed. México, Mc. Graw-Hill. p. 520-522.

44 TORO A., J. 1990. Dosis óptima de radiación de pupas de *Anastrepha striatella* (Wied.) para la obtención de insectos estériles aptos para la obtención de insectos estériles. Chiapas México, Programa Nacional de Biotecnología. Módulo 2. p. 103-111.

45 WARD, A.M. 1975. Effect of nitrogen during pupation on the emergence, sterility, longevity and competitiveness of puparia and adults of the mediterranean fruit fly on oranges, *Ceratitis capitata* (Wied.). Entomol. exp. appl. 19(1):37-60.

46 WISNUP, V.M.; SCHILLO, R.B.; WALKER, E.M.M. 1975. Influence of dose of irradiation on the sterility of pupae of *Ceratitis capitata* (Wied.). Entomol. exp. appl. 19(1):15-18.

47 WONG, T.T.Y.; NISHIMOTO, J.I.; COOY, H.M. 1983. Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): further studies on selective mating response of wild and of irradiated and irradiated, laboratory-reared flies in field cages. Ann. Entomol. Soc. Am. (EE.UU.) 76(1):51-55.

48 WAYNE W., ed. Applied nonparametric statistics. London, United, John Wiley. p. 223-224.

49 ZABALA J., J.L. 1990. Procedimientos para la esterilización de *C. capitata* y determinación de la dosis. Ig. Técnica del Insecto Estéril. Chiapas México, Programa Nacional de Biotecnología. Módulo 2. p. 97-102.



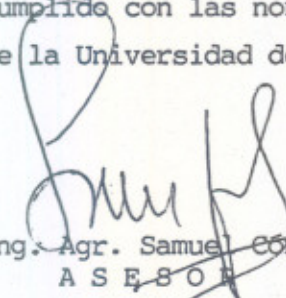
LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE LA IRRADIACION GAMMA SOBRE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO Ceratitis capitata Wied. PRODUCIDA EN GUATEMALA"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: COSME ANTONIO HERRERA PEREA


CARNET No: 057054

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Luis Mejía
 Ing. Agr. Alvaro Hernández

Los Asesores 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. Samuel Córdova
 ASESOR


 Ing. Agr. Raúl Castañeda
 ASESOR


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales
 DECANO EN FUNCIONES



c.c. Control Académico
 Archivo
 /prr.



LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE LA IRRADIACION GAMMA SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DEL MEDITERRANEO ORGÁNICA EN GUATEMALA"
DE LA MIEL DEL MEDITERRANEO ORGÁNICA EN GUATEMALA

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSÉ ANTONIO HERRERA PEREA

CARNET No: 027024

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESORES: Dr. Luis Peña
Ing. Agr. Álvaro Hernández

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que se
cumplió con las normas universitarias y reglamentarias de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Roberto Lora Alarcón
A 2 2 8 0 1

Ing. Agr. Álvaro Hernández
A 2 2 8 0 1



Ing. Agr. Roberto Lora Alarcón
DIRECTOR DEL IIA

IMPRESA



Ing. Agr. Álvaro Hernández
SEGUNDO EN EVALUACION

c.c. Control Académico
Archivo
/pct-