

EFFECTO DE LA RADIACION GAMMA EN LA PROGENIE DE

Leucoptera coffeella(Guérin-Méneville).

Tesis de Grado, de *Magister Scientiae*

Eddie A. Ramírez S.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Diciembre, 1970

EFFECTO DE LA RADIACION GAMMA EN LA PROGENIE DE

Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville)

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

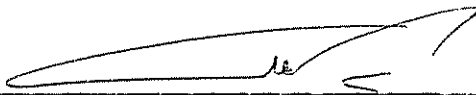
en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA


APROBADA:




Kamta P. Katiyar, Ph.D. Consejero



Gilberto Páez, Ph.D. Comité



Oscar Hidalgo-Salvatierra, Ph.D. Comité



Rufo Bazán, Ph.D. Comité

Diciembre, 1970

A mi esposa

A mi hija

AGRADECIMIENTO

El autor hace llegar su agradecimiento a los doctores Kamta P. Katiyar y Gilberto Páez por la orientación y asesoramiento durante la realización del presente trabajo.

A los doctores Rufo Bazán y Oscar Hidalgo-Salvatierra, miembros del Comité Consejero, por sus acertadas sugerencias.

Al Ing. Agr. Jesús A. Reyes, cuyas indicaciones facilitaron gran parte del trabajo experimental.

Al Programa de Energía Nuclear por la oportunidad que me brindó al permitirme realizar los estudios de post-grado. A su personal auxiliar y de laboratorio.

BIOGRAFIA

El autor nació en 1941 en Caracas, Venezuela.

En 1968 se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Costa Rica. En julio de ese mismo año entró a trabajar en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, como Entomólogo Ayudante en el Programa de Energía Nuclear, cargo que desempeñó hasta diciembre de 1970.

En octubre de 1968 ingresó a la Escuela de Graduados del IICA para realizar estudios de post-grado en la especialidad de Entomología, graduándose en diciembre de 1970.

CONTENIDO

	página
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Importancia económica.	3
2.3 Ciclo de vida.	5
2.3.1 Estado de huevo	5
2.3.2 Estado larval	6
2.3.3 Estado pupal.	6
2.3.4 Estado adulto	7
2.4 Técnica de insectos estériles.	8
2.5 Resistencia de Lepidoptera a las radiaciones.	9
2.6 Efectos de la radiación.	10
2.6.1 Longevidad.	10
2.6.2 Competencia sexual.	11
2.7 Esterilidad heredada en Lepidoptera.	12
2.7.1 Ventajas.	12
2.7.2 Bases citogénéticas	12
2.8 Fertilidad de la F_1	13
2.9 Fecundidad, mortalidad y longevidad de la F_1	15
2.10 Proporción sexual en la F_1	18
2.11 Competencia sexual de la F_1	20
3. MATERIALES Y METODOS.	22
3.1 Localización del estudio	22
3.2 Técnica de crianza	22
3.3 Obtención de adultos	24
3.4 Obtención de la F_1	24
3.5 Fertilidad, fecundidad y longevidad de la F_1	25
3.6 Competencia sexual de los machos F_1	28
3.7 Mortalidad de larvas y pupas F_1 y proporción sexual.	28
4. RESULTADOS.	30
4.1 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la fertilidad de la F_1	30
4.2 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la fecundidad de la F_1	30
4.3 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la longevidad de los adultos F_1	32
4.4 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la mortalidad, en los estados de larva y pupa, de la F_1	34
4.5 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la proporción sexual de adultos F_1	35
4.6 Competencia, por apareamiento, entre machos F_1 con historia de irradiación y machos normales	38

	página
5. DISCUSION.	40
6. CONCLUSIONES	47
7. RESUMEN.	48
8. SUMMARY.	50
9. LITERATURA CITADA.	52
10. APENDICE	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro no.		página
1	Fertilidad de la F_1 , proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación	31
2	Fecundidad de la F_1 , proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación	32
3	Longevidad de la F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación	34
4	Mortalidad de larvas y pupas F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación	35
5	Proporción entre machos y hembras presentes en la F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación	38
6	Competencia, por apareamiento, entre machos normales y machos F_1 cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación	39

LISTA DE FIGURAS

Figura no.		página
1	Jaula de crianza del minador del café	23
2	Jaula para la obtención de adultos emergidos de pupas	23
3	Jaulas de aislamiento y crianza de la F_1	26
4	Jaula utilizada para los ensayos de fertilidad, fecundidad, longevidad y competencia	26
5	Efecto de diferentes dosis de radiación, suministrada a progenitores machos, sobre la fecundidad de la F_1	33
6	Mortalidad de larvas F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma	36
7	Mortalidad pupal de la progenie F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación	37

1. INTRODUCCION

Uno de los insectos que causa mayor daño en las plantaciones cafetaleras es el llamado "minador del café", Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville)¹. Los conocimientos existentes sobre este insecto indican que se encuentra distribuido en Centro y Sur América y en la mayoría de las islas del Caribe (32).

La larva del minador del café se alimenta del parénquima clorofiliano de las hojas, ocasionando minas muy características. Normalmente la población de este insecto es reducida en número, sin embargo en algunas regiones constituye un serio problema durante la época de verano de ciertos años.

En Guatemala, el daño ocasionado por el minador durante la cosecha 1963-1964 se estimó en diez millones de dólares (42). En Perú (26) y en El Salvador (7) este insecto constituye la principal plaga en el cultivo del café.

Hasta el presente, la aplicación de productos químicos es el método de control generalmente recomendado. Este método tiene el inconveniente de la persistencia de residuos nocivos en los frutos y, además, continuamente se están recibiendo informes sobre el desarrollo de resistencia en los insectos. En los últimos años ha aumentado fuertemente la presión de la opinión pública y de los organismos gubernamentales para limitar el uso de productos químicos insecticidas, debido al peligro que significan para la salud del hombre en particular y para la vida silvestre en general.

Ante esta situación se han incrementado los esfuerzos tendientes a estudiar la factibilidad de utilizar otros métodos de control. Entre las nuevas técnicas ha sobresalido la llamada "técnica de insectos estériles", que ya ha demostrado su eficacia en la erradicación de algunas plagas de importancia económica (3).

¹ Lepidoptera : Lyonetiidae.

La dosis de radiación que induce una esterilidad total varía de acuerdo a la especie de insecto, siendo particularmente alta en la mayoría de los lepidópteros. El efecto adverso que tienen las altas dosis de radiación, sobre la competencia por aparearse y sobre el comportamiento de muchos insectos, ha concentrado los esfuerzos en el uso de una dosis mínima que produzca un alto grado de esterilidad pero no necesariamente del cien por ciento (29).

En 1962, Proverbs y Newton (40) observaron en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L) que la progenie de machos irradiados presentaba mayor esterilidad que el padre tratado. Posteriormente otros autores han observado este mismo fenómeno en diversos lepidópteros (1, 8, 25, 35, 39, 51). Con base en estos trabajos, puede pensarse en la posibilidad de liberar machos parcialmente estériles que tendrían la ventaja de ser más competitivos y ejercerían su efecto durante dos generaciones.

La presente investigación tuvo como objetivo general estudiar la factibilidad de emplear la técnica de insectos estériles para el control de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville). Los objetivos específicos fueron:

- 1) Determinar la fertilidad, fecundidad y longevidad de las progenes F_1 , provenientes de machos irradiados con distintas dosis subesterilizantes y cruzados con hembras no tratadas.
- 2) Observar la mortalidad de dicha progenie en sus distintas etapas y la proporción sexual resultante en el estado adulto.
- 3) Determinar la competencia, por apareamiento, entre machos sin historia de irradiación y machos F_1 , provenientes de un progenitor macho irradiado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

El minador de las hojas del café fue observado por primera vez en 1842 en la isla de Guadalupe por Perrottet (37), quien envió varios ejemplares a Guérin-Méneville. Este entomólogo francés lo clasificó como Elachista coffeella. Según parece, por esa misma época La Peyrere, en Martinica, estudió el mismo insecto denominándolo Coffephtyra phyllonia (37). En 1858, H. T. Stainton se refirió a la especie coffeella como perteneciente al género Bucculatrix, pero en 1861 adoptó el género Cemiosstoma en vez de Elachista (4). En 1897 Lord Walsingham (53) transfirió la especie coffeella del género Cemiosstoma al género Leucoptera. Silvestri (44) adoptó en 1943 el género Perileucoptera para la especie coffeella, pero la aceptación está pendiente de una total revisión del género.

Según indica un trabajo taxonómico sobre Leucoptera coffeella, realizado por Bradley en 1958 (5), las informaciones referentes a la presencia de esta especie en Kenya y Tanganika estaban erradas, ya que en realidad existía una confusión con Leucoptera meyricki. El mismo autor sostiene que otras informaciones sobre la existencia de coffeella en el Viejo Mundo abren dudas y requieren ser investigadas, pues también pueden estar basadas en una errónea identificación.

2.2 Importancia económica

Box (4) en 1923, informa que el restablecimiento de la industria cafetalera en la isla de Santa Lucía estaba impedido por la actividad de este insecto. Este mismo autor señala que en Venezuela constituye una seria plaga, considerando que el daño llega hasta la destrucción del 20 por ciento de la superficie

foliar total. Según Varela (48) la magnitud del daño varía considerablemente de una a otra región, siendo mayor la intensidad en algunas plantaciones situadas en regiones bajas.

Speer (45) anota que en Brasil durante los años 1860-1861, 1912 y 1944 se incrementó notablemente la población de este insecto. Vasconcellos (49) afirma que el Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) ocupa un lugar destacado entre los insectos que atacan al café en Brasil. Ingunza (26) considera que, en el año 1963, el minador constituía la principal plaga del café en Perú. Según Rodríguez, Campbell y Eveleens (42), en Guatemala se registró un ataque severo hace 50 años y otro en 1949; el daño ocasionado por el minador en 1963-64 se estimó en 10 millones de dólares. Según Hernández (24), en esa fecha hubieron fincas situadas en la costa del Pacífico que perdieron dos terceras partes de la producción anual. Fisher y Herrera (13) hacen ascender los daños hasta un veinte por ciento y afirman que en casos extremos la pérdida de la cosecha puede llegar hasta más de un 50 por ciento. Hamilton (22) indica que el 90 por ciento de las plantas de café sembradas en Guatemala por debajo de los 2.500 pies presentaban entre 95 y 100 por ciento de defoliación; a 3.500 pies sólo se encontraba presente el 35 por ciento del follaje.

Hamilton (21), señala que en Costa Rica el gran daño ocasionado por el minador en 1964 coincidió con un período de extrema sequía. Por lo menos el 10 por ciento de los cafetos estaban infestados en esa fecha por el minador o por Oligonychus yotherii (Mc G). Según Castillo y Brito (7), para el año 1966 el Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) constituía el principal problema entomológico del cultivo de café en El Salvador.

2.3 Ciclo de vida

2.3.1 Estado de huevo

Según Perrottet y Guérin-Méneville (37), en las Antillas el desarrollo del huevo se efectúa entre siete y ocho días. Pierce (38), indica que en Puerto Rico el desarrollo tarda entre cuatro y seis días, mientras que para Van Zwaluwenberg (47) este período varía entre tres y ocho días. Cook (9) señaló que, en Cuba, el período de incubación dura entre cuatro y cinco días.

Fonseca (18), en Brasil, determinó que a una temperatura media de 21°C la eclosión de los huevos se produce entre siete y once días. Por otra parte Speer (45) observó que a temperaturas de 20°C, 24°C, 25°C y 26°C el período de incubación era de 10, 7, 6 y 5 días, respectivamente.

Katiyar y Ferrer (27) encontraron que a 15°C se inhibe completamente la eclosión. A 25°C el período mínimo de desarrollo fue de cinco días y el máximo de siete días, con un promedio de 5,5 días. Con temperaturas de 30°C y 35°C el desarrollo de los huevos se efectuó en cuatro días como tiempo mínimo y cinco días como máximo, con un promedio de 4,1 días.

Según Fonseca (18) la oviposición se inicia dos días después del apareamiento, que ocurre el mismo día de la emergencia de los adultos. En cambio Speer (45) observó que la oviposición puede ocurrir al tercer día, variando este período entre tres y 18 días. Esta misma autora realizó un ensayo en frascos de vidrio en el que determinó que cada hembra, en promedio, deposita unos 36 huevos durante su vida, siendo el máximo de 90 y el mínimo de tres. El promedio por día fue de siete huevos. La fertilidad en el laboratorio fue de 95,6 por ciento en época de verano y 77,2 por ciento en invierno. Katiyar y Ferrer (27) obtuvieron, en hojas de café, un promedio de 68 huevos por hembra, observando que la mayor parte de la oviposición se efectúa durante la

primera semana de vida. La máxima oviposición registrada para una hembra fue de 131 huevos. Estos autores obtuvieron un 81,1 por ciento de fertilidad, a 25°C de temperatura. Determinaciones hechas por Walker y Quintana (52) indican que todas las hembras observadas por ellos no pusieron más de cuatro huevos por noche. Reyes (41) encontró, en observaciones hechas durante los ocho primeros días de vida, que el número de huevos por hembra está alrededor de 63.

2.3.2 Estado larval

Perrottet y Guérin-Méneville (37) afirman que el período larval varía entre 15 y 20 días. Observaciones hechas por Cook (9) y por Pierce (38) sitúan en 21 días el período larval, mientras que Van Zwaluwenberg (47) afirma que varía entre siete y 15 días.

Según Fonseca (18), a una temperatura media de 21°C el desarrollo larval se alcanza entre 27 y 42 días, siendo el promedio de 33,1 días. Observaciones hechas en el laboratorio por Speer (45) fijan en 16 días el período larval, a una temperatura de 24,5°C.

Katiyar y Ferrer (27) determinaron que, a 15°C, el tiempo promedio de desarrollo larval fue de 73,6 días y a 20°C fue de 23,1 días. Con una temperatura de 25°C el tiempo promedio fue de 13,1 días, con un mínimo de 12 días y un máximo de 16 días, requiriéndose sólo 7,2 días en promedio para el total desarrollo larval a 35°C. Estos mismos autores observaron que, a una temperatura de 25°C, un 91,9 por ciento de las larvas alcanzaron el estado pupal.

2.3.3 Estado pupal

Perrottet y Guérin-Méneville (37) afirman que el estado de pupa tiene una duración de seis días, mientras que Cook (9) sostiene que este tiempo

varía entre tres y siete días. Van Zwaluwenberg (47) estableció una fluctuación entre tres y nueve días y Pierce (38) observó que las pupas completaban su desarrollo entre tres y siete días. Fonseca (18) observó, en el laboratorio, una duración que varió entre 16 y 22 días.

Speer (45) estudió la duración conjunta de pupa y pre-pupa, determinando que, a una temperatura de 14,0-15,9°C, fue de 22,4 días siendo de 6,9 días cuando la temperatura fue de 24-25,9°C. La autora observó que las hembras nacen un día antes que los machos.

Katiyar y Ferrer (27) estudiaron la duración del estado pupal a diferentes temperaturas, encontrando que a 15°C la duración en promedio fue de 33,3 días. A 25°C y 50-60 por ciento de humedad relativa el promedio bajó a 6,7 días para las hembras, con un mínimo de seis días y un máximo de siete. Para los machos la duración en promedio fue de 7,1 días, con un mínimo de siete y un máximo de ocho días. A temperaturas de 30 y 35°C obtuvieron resultados bastante similares a los obtenidos a 25°C. A temperatura de 25°C, el 97 por ciento de las pupas alcanzaron el estado adulto.

2.3.4 Estado adulto

Fonseca (18), refiriéndose a la longevidad del adulto ofrece datos preliminares en que las hembras vivieron entre tres y 10 días. Speer (45) determinó la longevidad de los adultos en diferentes condiciones. A 20°C y alimentados con una solución de miel, la longevidad promedio de los machos fue de 21 días, con un mínimo de ocho y un máximo de 43 días. Para las hembras el promedio fue de 26 días, con un mínimo de cuatro y un máximo de 39 días. Al ser alimentadas con una solución de azúcar, el promedio de longevidad para los machos fue de 23 días y de 24 días para las hembras. Cuando se mantuvieron sin alimento o bien con sólo agua destilada los promedios fueron

unas cuatro veces menores. En este ensayo casi todas las hembras eran vírgenes. En otro experimento, realizado en el campo a 21°C, la longevidad de los machos que habían copulado fue de 7,9 días y 7,3 días para los que no habían copulado. En las hembras la copulación hizo disminuir la longevidad, registrándose un promedio de vida de 7,7 días para las copuladas y de 10,4 días para las vírgenes.

Reyes (41) encontró que la mediana del tiempo en que muere el 50 por ciento de las hembras (T_{50}) es de 11 días y la T_{50} para machos es de 14 a 16 días.

Speer (45) observó una proporción sexual de 51,9 por ciento de hembras y un 48,1 por ciento de machos, o sea, aproximadamente uno a uno. Esta proporción fue confirmada posteriormente por Katiyar y Ferrer (27).

Según Katiyar y Ferrer (27), la emergencia de adultos es de 97 por ciento, a 25°C de temperatura.

2.4 Técnica de insectos estériles

Desde hace bastante tiempo se conoce el hecho de que los insectos pueden ser esterilizados por diferentes tipos de radiación. En 1916, Runner (43) encontró que el coleóptero Lasioderma serricorne (F) podía ser esterilizado con rayos X. En 1928 Müller (33) informó que hembras de Drosophila no irradiadas y apareadas con machos tratados con rayos X, depositaban huevos pero éstos no eclosionaban. En 1951, Bushland y Hopkins (6) encontraron que el díptero Cochliomyia hominivorax (Coquerel) podía ser esterilizado con rayos X.

Knipling (28) maduró por mucho tiempo la idea sobre la erradicación de insectos mediante la liberación de machos estériles, pero sólo hasta 1955 es que sale a la luz su primera publicación explicando en detalle la teoría en cuestión. La Chance, Schmidt y Bushland (30), resumen en su forma más simple

la teoría, diciendo que la introducción de organismos estériles y competitivos dentro de una población normal reducirá el potencial reproductivo de la población, en proporción a la razón entre insectos estériles e insectos fértiles presentes en dicha población después de la liberación de los insectos. Según estos mismos autores (30), la esterilidad puede ser causada por: 1) infecundidad de la hembra; 2) aspermia o inactivación de los espermatozoides en machos; 3) incapacidad de copular o 4) mutaciones dominantes letales en las células reproductivas del macho o de la hembra. El único tipo de esterilidad usado hasta el presente con algún éxito, es el basado en mutaciones dominantes letales en la esperma del macho e infecundidad en las hembras liberadas simultáneamente con ellos.

Es indudable que el éxito espectacular logrado en 1955, por Baumhover et al. (3), con la erradicación del Cochliomyia hominivorax (Coquerel) de la isla de Curaçao, ha despertado gran interés en esta técnica de control de insectos.

2.5 Resistencia de Lepidoptera a las radiaciones

Si se usa la esterilidad inducida como criterio para medir la resistencia, se encontrará que el orden Lepidoptera es varias veces más resistente que otros órdenes de insectos. Husseiny y Madsen (25) necesitaron aplicar 40000 rads a Paramyelois transitella (Walker) para obtener un 96 por ciento de esterilidad. Cogburn, Tilton y Burkholder (8) determinaron que se requieren 100 krad para inducir un alto porcentaje de esterilidad en Plodia interpunctella (Hübner) y en Sitotroga cerealella (Olivier). Flint y Kressin (14) encontraron que Heliothis virescens (F) queda totalmente esterilizado mediante la aplicación de 45 krad. George (19), observó que tratando a Grapholita molesta (Busck) con 45 krad se obtiene un 98,5 por ciento de esterilidad, tomando como comparador el testigo. Según Anwar (1), Spodoptera exigua (Hübner) requiere una dosis de

50 krad para ser esterilizado. Flint y Spencer (17) consiguieron 95 por ciento de esterilidad al tratar a Pieris rapae (L.) con 35 krad. Recientemente, Reyes (41) determinó que la dosis esterilizante para los machos de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) es de 90 kr aplicada en estado adulto; cuando aplicó dosis de 60, 45 y 30 kr obtuvo una fertilidad de 10,9, 30,4 y 60,8 por ciento, respectivamente.

2.6 Efectos de la radiación sobre la longevidad y competencia sexual

2.6.1 Longevidad

Los lepidópteros, para ser esterilizados, requieren por lo general dosis extremadamente altas que pueden a veces reducir la longevidad de los insectos tratados. Según Flint y Kressin (14) el promedio de vida de Heliothis virescens (F.) tratado con 45 kr, en estado de pupa, es de diez días para los machos y 7,8 días para las hembras. En los insectos no tratados los machos tuvieron una longevidad de 12 días y las hembras de 15,6 días. Flint y Spencer (17) encontraron que en Pieris rapae (L.), irradiado en estado adulto, la longevidad de las hembras tratadas no se alteró pero los machos irradiados con 21, 28 y 35 kr tuvieron una longevidad inferior en un 30 por ciento al testigo. En Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), Reyes (41) determinó que el tiempo promedio en que muere el 50 por ciento de los insectos (T_{50}) es de 7,7 días para los machos irradiados con 90 kr en estado adulto y de 14,2 días para las hembras irradiadas con 30 kr. Los machos y hembras no tratados tuvieron una T_{50} de 16,2 y 11,5 días, respectivamente.

Husseiny y Madsen (25) no encontraron alteración en la longevidad de los adultos, cuando aplicaron 50 kr a pupas de Paramyelois transitella (Walker). Hathaway (23) observó que machos de Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L.) tratados con 50 kr en estado adulto, tuvieron una longevidad similar a los machos testigos.

2.6.2 Competencia sexual de los machos irradiados

Proverbs y Newton (40) mencionan que, en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), la esperma de machos irradiados con 40000 rads no compete igualmente que la de los normales. Lee, Hwan y Lee (31) encontraron que al aplicar a Dendrolimus spectabilis Butler una dosis esterilizante de 15 kr, en estado de pupa, la competencia sexual de los machos no tratados resultó ser el doble que la de los irradiados. Flint y Kressin (15) observaron que machos estériles de Heliothis virescens (F), tratados con 45 kr, en estado adulto, no fueron completamente competitivos. Cuando la proporción se fija en 1:1:1, para machos estériles, machos normales y hembras normales, el porcentaje de eclosión observado fue de 71,3 y el esperado de 45,2 por ciento. Con una proporción de 3:1:1, la eclosión observada fue de 62,6 por ciento y la esperada de 25,1 por ciento. De acuerdo con North y Holt (34), machos de Trichoplusia ni (Hübner) tratados con dosis de hasta 25 kr copularon igualmente que los machos no tratados, pero a medida que se incrementaba la dosis decrecía rápidamente el porcentaje de machos que transferían esperma capaz de alcanzar la espermateca de las hembras. Con una dosis de 20 kr, menos del 30 por ciento de los machos transfirieron exitosamente esperma, en comparación con 63 por ciento de los machos no irradiados. Flint y Kressin (16) determinaron que los machos de Heliothis virescens (F) irradiados con 45 kr, en estado adulto, no transmiten esperma en un 50 por ciento de sus cópulas. Reyes (41) puntualiza que un macho de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) irradiado con una dosis de 90 kr, en estado adulto, insemina en promedio cinco hembras durante su vida, mientras que un macho no tratado logra inseminar un promedio de 35,1 hembras.

Husseiny y Madsen (25), trabajando con Paramyelois transitella (Walker), no encontraron diferencias apreciables cuando compararon la competencia sexual

entre machos irradiados con 90 kr, en estado de pupa, y machos normales.

2.7 Esterilidad heredada en Lepidoptera

2.7.1 Ventajas

Según Knippling (29), el efecto adverso de las altas dosis de radiación sobre la competencia por apareamiento y sobre el comportamiento de muchos insectos, incluso Lepidoptera, ha concentrado los esfuerzos en el uso de una dosis mínima que produzca un alto grado de esterilidad pero no necesariamente total.

Varios autores han demostrado que en Lepidoptera, las dosis subesterilizantes ocasionan daño genético que puede ser transmitido a la progenie, ocasionando en ésta una alta esterilidad. Según estimación de Knippling (29) los altos niveles de esterilidad en la F_1 , proveniente de liberaciones de machos que recibieron sólo una moderada dosis esterilizante de radiación, teóricamente, producirían una supresión más efectiva de la población que la liberación de individuos 100 por ciento estériles. Además es de esperar un efecto beneficioso adicional, debido a un incremento en la competencia por aparearse y mayor competencia de la esperma de los machos que reciben dosis más bajas.

2.7.2 Bases citogenéticas

Es posible que todos los insectos pertenecientes al orden Lepidoptera posean cromosomas holocinéticos o sea que tienen centrómero difuso. Federley (12) fue el primer investigador que observó este tipo de cromosomas. Suomalainen (46) concuerda con Federley sobre la presencia de centrómero difuso en Lepidoptera. En observaciones hechas en Cidaria variatta (Schiff), aquel autor (44) afirma que, en las preparaciones en que fueron visibles las fibras del huso cromático, pareciera como si realmente ellas estuvieren unidas al cromosoma por más de un punto. Barry, Guthrie y Dollinger (2) sostienen que en

Ostrinia nubilalis (Hübner) es razonable suponer que los cromosomas tienen centrómero difuso. Por su parte Virkki (50) afirma que en Diatraea saccharalis (F) los cromosomas tienen aparentemente este tipo de centrómero.

Según North y Holt (34), debido a la presencia de este tipo de centrómero, los fragmentos de cromosomas producidos por la radiación no se pierden en la división celular, pues cada uno de ellos tiene capacidad para adherirse al huso cromático, y, por lo tanto, se inducen pocas mutaciones dominantes letales en la esperma, la que podría contener una alta frecuencia de translocaciones recíprocas. En la mayoría de estas translocaciones no existe pérdida apreciable de material cromosómico y, por lo tanto, pueden ser transmitidas a la progenie. Cuando en la progenie ocurre el fenómeno de la meiosis, la translocación recíproca heredada puede ocasionar la formación de células germinales que contienen cantidades duplicadas y deficientes de material genético. Cuando esta esperma es utilizada en la fertilización ocurre la muerte del embrión en desarrollo. Los mismos autores (34), afirman que el porcentaje de esterilidad ocasionada en la F_1 es dependiente del número de cromosomas que participan en los intercambios. Por lo tanto, si varias translocaciones recíprocas son inducidas en cada esperma del progenitor macho irradiado, su progenie podrá ser desde parcial hasta totalmente estéril.

2.8 Fertilidad de la F_1

En 1962, Proverbs y Newton (40) observaron por primera vez el efecto de dosis subesterilizantes sobre la fertilidad de la F_1 , proveniente de un progenitor irradiado. La irradiación del progenitor macho de Laspeyresia (= Carpocapsa) pomonella (L) con una dosis de 30 kr, producía una fertilidad de 10 por ciento. Al cruzar los machos de la F_1 resultante con hembras sin historia de irradiación, la fertilidad fue de sólo dos por ciento. Al cruzar

hembras de esta misma F_1 con machos normales la fertilidad fue nula.

Husseiny y Madsen (25), en Paramyelois transitella (Walker), obtuvieron insectos F_1 provenientes de progenitores irradiados, en estado de pupa, con dosis de 10, 20, 30 y 40 kr y cruzados con individuos no tratados del sexo opuesto. Esta F_1 cruzada entre sí producía relativamente pocos huevos y de baja viabilidad.

Cogburn, Tilton y Burkholder (8) estudiaron la esterilidad heredada por la F_1 , en Plodia interpunctella (Hübner) y en Sitotroga cerealella (Olivier). Los progenitores fueron tratados con dosis de 13,2, 17,5, 25,0, 45,0 y 100,0 kr. Al cruzar la F_1 resultante con individuos del sexo opuesto que no tenían historia de irradiación, se observó que la esterilidad en la F_1 generalmente incrementaba a medida que aumentaba la dosis aplicada a los progenitores, existiendo sin embargo evidentes discrepancias. La progenie F_1 , proveniente de un progenitor macho irradiado y de una hembra no tratada, heredó más el daño y fueron más estériles que aquella descendiente de una hembra irradiada y un macho no tratado.

Anwar (1) observó que la aplicación de 45 kr a machos de Spodoptera exigua (Hübner), en estado de pupa, resulta en una esterilidad de 10 por ciento, siendo la progenie resultante totalmente estéril.

Machos de Trichoplusia ni (Hübner) tratados con 10 kr en estado adulto, por North y Holt (35), y cruzados con hembras normales tienen una fertilidad de 59,3 por ciento, mientras que en la progenie resultante los machos tienen una fertilidad de 22,5 por ciento y las hembras de 33,8 por ciento. Cuando al progenitor macho se le trató con 15 kr su fertilidad fue de 39,5 por ciento, siendo esta fertilidad de 2,3 por ciento y 19,5 por ciento en la progenie macho y hembra, respectivamente. Con una dosis de 20 kr suministrada al progenitor macho su fertilidad fue de 15,7 por ciento, resultando los machos F_1

completamente estériles y las hembras con una fertilidad de sólo 6,7 por ciento. Los autores concluyen que la esterilidad en la F_1 fue siempre superior a la de los padres tratados y que los machos F_1 resultaron más estériles que las hembras F_1 .

Walker y Quintana (51), encontraron que, en Diatraea saccharalis (F) la F_1 , proveniente de ambos progenitores irradiados con dosis muy bajas de radiación gamma, es desde parcial hasta totalmente estéril.

Proshold y Bartell (39) irradiaron machos adultos de Heliothis virescens (F) con dosis de 7,5, 15,0 y 22,5 kr, observando que los machos de las F_1 resultantes tuvieron una fertilidad de 33,5, 5,3 y 2,2 por ciento, respectivamente. Las hembras de esas F_1 tuvieron una fertilidad de 29,5, 9,4 y 1,0 por ciento, cuando provenían de un progenitor macho tratado con 7,5, 15,0 y 22,5 kr, respectivamente. En este insecto la dosis esterilizante está entre 35 y 45 kr.

2.9 Fecundidad, mortalidad y longevidad de la F_1

Proverbs y Newton (40) encontraron que en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), una hembra normal apareada con un macho F_1 , proveniente de un progenitor irradiado con 30000 rads en estado de pupa, oviposité en promedio 33 huevos. Cuando la hembra era F_1 y el macho normal, el número promedio de huevos fue de 15. En el testigo el número de huevos por hembra fue de 45.

Husseiny y Madsen (25) irradiaron el macho o la hembra de Paramyelois transitella (Walker), en estado de pupa, con dosis desde 10000 a 40000 rads y cruzaron entre sí las respectivas F_1 obtenidas. Cuando irradiaron al progenitor macho con 10000 rads, las hembras F_1 depositaron un promedio de 21,3 huevos por hembra. Con una dosis de 30000 rads aplicada al progenitor macho, el promedio de huevos por hembra fue de 6,3. En el testigo hubo un promedio de 53,2 huevos por hembra.

En Spodoptera exigua (Hübner), Anwar (1) observó que las hembras testigo ovipositaron en promedio 611,7 huevos. Del cruzamiento de una hembra normal con un macho F_1 , proveniente de un progenitor macho irradiado con 45 kr en estado de pupa, se obtuvieron 375,6 huevos por hembra. Las hembras de la F_1 citada, cruzadas con machos normales, depositaron en promedio 256,7 huevos por hembra.

Proshold y Bartell (39) encontraron que en Heliothis virescens (F) la respuesta a la oviposición es muy variable. Mientras más alta es la dosis suministrada a uno de los progenitores, mayor es la variabilidad en el número de huevos ovipositados por las hembras normales apareadas con machos F_1 . Los autores sugieren que la poca fecundidad y gran variabilidad de la misma se puede atribuir a que algunos machos no transmiten una cantidad normal de espermatozoides. Las hembras provenientes de esta F_1 también mostraron poca fecundidad cuando se aparearon con machos normales. Según los autores, este hecho puede atribuirse a una gran reducción de los ovarios como consecuencia de las altas dosis de radiación.

Proverbs y Newton (40) observaron que de 200 larvas de Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), provenientes de machos irradiados con 40000 rads, en estado de pupa, sólo el 7,5 por ciento logró convertirse en larvas maduras, en contraste con 78 por ciento observado en el testigo. En el estado de pupa la mortalidad fue de 13 por ciento. Cuando se bajó la dosis a 30000 rads, el 32 por ciento de las larvas de primer instar alcanzaron el estado maduro en contraste con 76 por ciento observado en el testigo. El cuatro por ciento murió antes de pupar y 37 por ciento después de la pupación. La longevidad de los machos adultos F_1 , provenientes de machos irradiados con 30000 rads, fue de 14 días, siendo 15 días la longevidad de los machos adultos normales. En otro ensayo,

antes de la pupación murieron 18 por ciento de machos F_1 , que habían alcanzado el estado de larva madura y 42 por ciento murieron después de pupar. En las larvas hembras F_1 la mortalidad fue de 19,0 por ciento y 31,0 por ciento, antes y después de pupar respectivamente.

Godwin, Rule y Waters (20) irradiaron pupas maduras de Porthetria dispar (L) con dosis de 2500, 5000 y 10000 roentgen, encontrando una mortalidad larval de 74,6, 60,1 y 83,4 por ciento, respectivamente. En el testigo la mortalidad larval fue de 67,7 por ciento y no hubo mortalidad en el estado pupal.

Anwar (1) encontró que en Spodoptera exigua (Hübner) la progenie F_1 , proveniente de machos irradiados en estado de pupa, tuvo 81,5 por ciento de mortalidad larval, en comparación con 9,0 por ciento del testigo. La mortalidad en el estado de pupa de la F_1 fue de 8,5 por ciento y en el testigo no tratado de 2,0 por ciento. Los machos adultos de la F_1 proveniente de un progenitor irradiado tuvieron una longevidad de 7,8 días y las hembras vivieron 7,6 días. Los machos y hembras adultos normales tuvieron una longevidad de 10,3 y 9,6 días, respectivamente.

El Sayed y Graves (11) irradiaron machos adultos de Heliothis virescens (F) con 10 kr y los cruzaron con hembras normales. La progenie F_1 tuvo una mortalidad de 36,0 por ciento en el estado larval y de 10,0 por ciento en estado pupal. Cuando el progenitor macho se irradió con 20 kr, la mortalidad larval de la progenie fue de 30,0 por ciento y la mortalidad pupal de 50,0 por ciento. La mortalidad del testigo fue de 14,0 por ciento para larvas y 4,0 por ciento para pupas. También El Sayed y Graves (10) encontraron que una dosis de 30 kr, aplicada en estado de pupa, causa en la progenie una mortalidad de 13,3 por ciento en estado larval y 29,3 por ciento en estado de pupa.

Proshold y Bartell (39) trataron machos de Heliothis virescens (F) con dosis de 0, 7,5, 15,0 y 22,5 kr, obteniendo una respuesta de pupación en la progenie de 84,2, 82,4, 81,0 y 72,0 por ciento, respectivamente. Cuando aplicaron una dosis de 22,5 al progenitor macho, la emergencia de adultos F_1 fue de 63,5 por ciento para los machos y 55,1 por ciento para las hembras. En el testigo la emergencia de machos fue de 84,5 por ciento y 78,5 por ciento para las hembras.

Proshold y Bartell (39) observaron en Heliothis virescens (F) que la progenie F_1 , proveniente de un progenitor macho irradiado en estado adulto, tiene un desarrollo un poco más lento, en el período comprendido entre huevo y adulto, que el testigo. A 27°C, el tiempo medio de desarrollo para el testigo fue de 31,5 días; los machos F_1 cuyos progenitores machos recibieron dosis de 7,5, 15,0 y 22,5 kr completaron su desarrollo en 31,4, 33,4 y 34,7 días, respectivamente. En las hembras F_1 también observaron un retardo similar. Los autores sugieren que este retardo puede ser provocado por una alteración en la producción hormonal o enzimática causada por los rearrreglos cromosómicos.

2.10 Proporción sexual en la F_1

En un primer experimento, Proverbs y Newton (40) encontraron que la progenie F_1 de Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), proveniente de machos irradiados con 30000 rads en estado de pupa, estaba compuesta por un 99,0 por ciento de machos en la etapa de larva madura. En ensayo posterior obtuvieron sólo un 89,0 por ciento de machos. Husseiny y Madsen (25) utilizando Paramyelois transitella (Walker) aplicaron a los progenitores, unas veces a los machos y otras a las hembras, dosis de 10, 20, 30 y 40 kr y los cruzaron con insectos no tratados del sexo opuesto. Estos autores encontraron en todos los casos, excepto en uno, que en la F_1 el número de machos excedió ligeramente al de las hembras.

Anwar (1) informa que al aplicar 45 kr a pupas machos de Spodoptera exigua (Hübner), la F_1 resultante estaba compuesta por 59,1 por ciento de machos y 40,9 por ciento de hembras, en contraste con el testigo que presentaba una proporción de 47,6 por ciento de machos y 52,4 por ciento de hembras.

North y Holt (35) no encontraron diferencias en la proporción sexual de la F_1 de Trichoplusia ni (Hübner), proveniente del cruce de un macho irradiado y una hembra normal. Posteriormente, estos mismos autores (36) encontraron que al ser colocados en una misma jaula un macho irradiado con 15 kr, un macho normal y una hembra normal, la progenie F_1 resultante tenía una proporción entre machos y hembras de 1,75:1,00. Este cambio, según ellos, puede ser debido a la inducción de desbalances en el sistema de genes modificadores que determinan el sexo.

Proshold y Bartell (39), trabajando en Heliothis virescens (F), determinaron que la proporción de machos y hembras en la F_1 , proveniente de un progenitor macho irradiado en estado adulto con dosis de 7,5 kr, era de 1,1:1,0. Con las dosis de 15,0 y 22,5 kr esta proporción fue de 1,9:1,0 y 2,2:1,0, respectivamente. El testigo tuvo una proporción igual a la observada en la dosis de 7,5 kr. Aunque las razones para esta distorsión no son todavía bien claras, los autores arguyen que puede ser la expresión de mutaciones recesivas letales en el cromosoma X y que no son cubiertas por alelos en el cromosoma Y, o bien los rearrreglos en los cromosomas puede perturbar el mecanismo que determina el sexo, quizá alterando la producción de hormonas o enzimas que, a su vez, causan gran mortalidad en las hembras. Esta suposición básica tiene su respaldo en el hecho de que en el orden Lepidoptera la hembra es el sexo heterogamético.

2.11 Competencia sexual de la F₁

Anwar (1) encontró, en Spodoptera exigua (Hübner), que el número de cópulas por macho es de 2,60. Cuando a un macho F₁, proveniente de un progenitor macho irradiado con 45 kr en estado pupal, se le suministran hembras normales, el número de cópulas por macho es de 0,54. En el caso inverso, o sea hembras F₁ y machos normales, este número es de 0,89.

North y Holt (36) obtuvieron una progenie F₁ de Trichoplusia ni (Hübner), proveniente de machos que habían recibido una dosis de radiación de 15 kr. Cuando una población estuvo compuesta de 30 por ciento de la F₁ citada y 70 por ciento de insectos sin historia de irradiación, el potencial reproductivo fue de 66,6 por ciento en contraste con el testigo cuyo potencial fue de cien por ciento. Cuando el 60 por ciento de la población eran insectos F₁ cuyo progenitor había sido tratado con 15 kr, el potencial reproductivo fue de 25,7 por ciento. Este potencial fue de 31,9 por ciento en el caso en que la población estaba constituida por 60 por ciento de insectos F₁, provenientes de un progenitor macho irradiado con 10 kr. También se estudió el potencial reproductivo de una población compuesta por una proporción de dos machos F₁, cuyo progenitor macho recibió 15 kr, un macho sin historia de irradiación y una hembra normal, siendo el potencial reproductivo de 70 por ciento en comparación con el control. Según los autores, esto implica que las hembras F₁ ejercen un gran efecto en la reducción observada.

Proshold y Bartell (39) encontraron que machos F₁ de Heliothis virescens (F), provenientes de un progenitor macho irradiado en estado adulto con una dosis de 7,5 kr, copulan un 74,4 por ciento de hembras y para las dosis de 15,0 y 22,5 kr, la respuesta fue de 65,2 y 61,9 por ciento, respectivamente. El testigo copuló un 92,3 por ciento de hembras. De las hembras copuladas

por machos F_1 , provenientes de un progenitor tratado con 22,5 kr, sólo el 26,9 por ciento contenían esperma en comparación con 87,5 por ciento del control.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El presente estudio se llevó a cabo de junio a diciembre de 1970, en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica.

3.2 Técnica de crianza de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) en el laboratorio

Con el objeto de disponer de un número suficiente de insectos se siguió el método desarrollado por Katiyar y Ferrer (27). El material básicamente consiste de una jaula rústica de crianza de 61 cm de largo, 56 cm de ancho y 46 cm de alto, forrada con tela negra de nylon y con fondo desplazable a fin de facilitar el cambio de plantas. La jaula tiene capacidad para cuatro plantas de café de aproximadamente un año de edad y, además, tiene un dispositivo de soporte graduable a distintas alturas, como puede apreciarse en la Figura 1.

Para la obtención de huevos se dispuso de cuatro jaulas de este tipo con cuatro plantas dentro de cada una. Las plantas permanecían en las jaulas por un período de 48 horas, y luego se trasladaban sobre un banco de madera. Al cabo de 15 a 20 días las larvas alcanzan la madurez y se desprenden, mediante un hilo, desde las hojas en que se alimentaron hacia hojas inferiores en donde se realiza la pupación. Para evitar pérdida de larvas se colocaban ramas de café debajo de las plantas. Estas ramas eran colocadas sobre un soporte de madera en el que se atravesaban tiras de malla metálica.

Cinco días después del inicio de la pupación, se recogían las hojas que tenían pupas y se depositaban en cajas de madera de 31 cm de largo, 18 cm de ancho y 23 cm de alto. Estas cajas están forradas con tela negra gruesa para

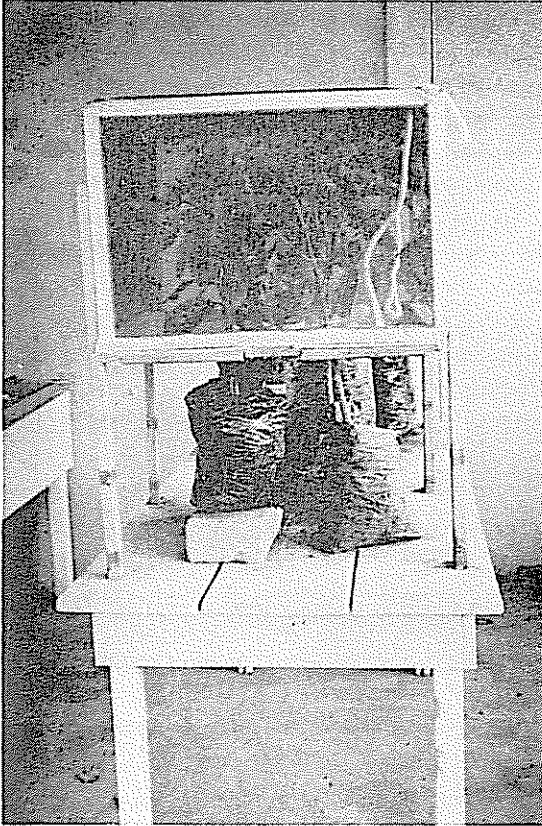


Fig. 1. Jaula de crianza del minador del café.

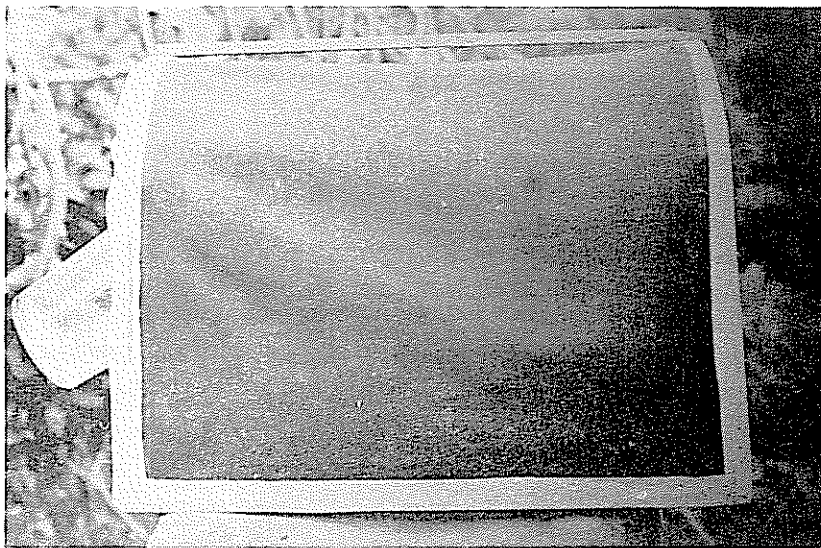


Fig. 2. Jaula para la obtención de adultos emergidos de pupas.

impedir el paso de luz. Uno de sus extremos posee una abertura, en la que se coloca un recipiente de vidrio al que acuden los insectos recién emergidos atraídos por la luz. Los detalles de este tipo de jaula pueden apreciarse en la Figura 2. Todos los días se pasaban los adultos recién emergidos a las jaulas de crianza.

La población de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville) utilizada en el presente estudio, ha sido criada en el laboratorio durante 13 a 18 generaciones.

3.3 Obtención de adultos para los ensayos

Las hojas que tenían pupas próximas a completar su desarrollo se cosechaban y luego se recortaban las pupas. Posteriormente se colocaban éstas individualmente en frascos de vidrio de cinco mililitros con tapones de algodón. De esta manera se garantizaba que los adultos emergidos eran vírgenes, y, además, se facilitaba la separación de machos y hembras mediante un microscopio estereoscópico sin necesidad de anestesiar a los insectos.

3.4 Obtención de la F₁ a partir de un progenitor macho irradiado y una hembra no tratada

Los insectos machos se irradiaron en estado adulto, de dos a 23 horas de nacidos. La irradiación se efectuó utilizando una fuente de ⁶⁰Co que tenía una exposición de 1,5 kr por minuto. Para esta operación se colocaron los adultos en frascos de vidrio, de 5 mililitros, con tapa perforada cubierta con tela de nylon.

Las dosis subesterilizantes probadas fueron 30, 45 y 60 kr y además se incluyó un testigo no tratado. En los tratamientos con dosis de 45 y 60 kr se irradiaron de 225 a 300 machos por repetición. En el tratamiento de 30 kr y en el testigo solo se utilizaron de 150 a 200 machos debido a su mayor fertilidad. Los machos correspondientes a cada tratamiento se colocaron, junto a

igual número de hembras no tratadas, en jaulas de 48 cm de largo, 48 cm de ancho y 90 cm de alto, forradas con tela de nylon y con una abertura cubierta con una manga de tela de manta, como puede apreciarse en la Figura 3. Se colocó una planta por un período de 24 horas, al término del cual se cambió dicha planta por otra. En esta forma se dispuso de dos plantas en cada tratamiento y por repetición. Al retirar las plantas de las jaulas de oviposición, y antes de introducirlas a ellas, se protegieron debidamente con jaulas de ce-dazo forrado con nylon para evitar contaminaciones. Este tipo de jaula puede observarse en la Figura 3.

La obtención de pupas y de adultos se hizo en la forma descrita anteriormente. Es de hacer notar que todos los tratamientos no se aplicaron en el mismo día, debido a la dificultad de obtener suficiente cantidad de insectos de la misma edad.

3.5 Fertilidad, fecundidad y longevidad de la F₁

La progenie F₁ obtenida en la forma descrita se cruzó con insectos del sexo contrario sin historia de irradiación y, además, se cruzó la F₁ entre sí. En este último caso sólo se probaron las F₁ cuyos progenitores machos recibieron dosis de 30 y 45 kr. Para determinar el nivel de fertilidad correspondiente a cada tratamiento se colocaron juntos 10 machos y 10 hembras, en jaulas de madera de 19 cm de largo, 12 cm de ancho y 14 cm de alto, forradas con tela de nylon y con una abertura cubierta por un vaso de cartón, como se aprecia en la Figura 4. Los cruzamientos no se hicieron colocando una sola pareja por jaula debido a la dificultad de conseguir oviposición. Se hicieron cuatro repeticiones de cada tratamiento, excepto en los casos en que se cruzó la F₁ entre sí, en que se hicieron tres repeticiones.



Fig. 3. Jaulas de aislamiento y crianza de la F_1



Fig. 4. Jaula utilizada para los ensayos de fertilidad, fecundidad, longevidad y competencia.

Los huevos se recolectaron en hojas de café colocadas individualmente en frascos Erlenmeyer con agua. Cada 24 horas se renovaban las hojas, efectuándose esta operación durante ocho días consecutivos. Inmediatamente después de ser retiradas las hojas de cada tratamiento se contaban los huevos. Esta operación se efectuó con ayuda de un microscopio estereoscópico. Posteriormente se colocaban las hojas con los huevos en jaulas protectoras y, después de cinco a siete días, se volvían a contar los huevos para determinar el porcentaje de eclosión.

Con el objeto de comprobar la fertilidad del progenitor irradiado, se tomaron al azar 10 machos de cada tratamiento y se cruzaron con 10 hembras normales en la misma forma descrita anteriormente. Para comprobar que los machos F_1 eran capaces de transferir esperma, se tomó una muestra de los mismos y se cruzaron con hembras vírgenes no tratadas; a los tres o cuatro días se disecaron estas hembras bajo el microscopio estereoscópico, colocándose los órganos genitales en la llamada solución de Belar, compuesta por 6 gramos de NaCl, 0,2 gramos de KCl, 0,2 gramos de $CaCl_2$, 0,2 gramos de $NaCO_3$ y agua en cantidad suficiente para completar 1 000 mililitros. La presencia o ausencia de espermatozoides se determinó en un microscopio compuesto. También se procuró observar la presencia de espermatozoides en las hembras muertas en las cajas donde se estaba determinando la fertilidad y longevidad.

Los datos de longevidad se tomaron al mismo tiempo que los de fertilidad. Diariamente se retiraban, mediante un pincel, los insectos muertos y se determinaba su sexo por observación microscópica de las características externas de los órganos sexuales, previa limpieza de la parte final del abdomen con un pincel mojado en una mezcla de agua y alcohol.

Los adultos fueron alimentados con una solución de azúcar al 10 por ciento, contenida en frascos Erlenmeyer de 50 mililitros con mecha retorcida de papel celulosa.

Las condiciones en que se llevó a cabo este experimento fueron de $26 \pm 3^\circ\text{C}$ de temperatura y 75 ± 5 por ciento de humedad relativa.

3.6 Competencia sexual de los machos F_1

Para probar la competencia sexual de los machos F_1 se siguió el procedimiento ya descrito anteriormente. Las proporciones probadas entre machos F_1 , machos normales y hembras normales fueron 3:1:1, 2:1:1 y 1:1:1. En todos los casos se usaron 10 hembras normales y además hubo un testigo formado por 10 machos y 10 hembras normales y otro con 10 machos F_1 y 10 hembras normales. Sólomente se probó la competencia de los machos F_1 procedentes de progenitores machos irradiados con dosis de 45 y 30 kr. Se hicieron tres repeticiones.

Las condiciones ambientales en que se llevó a cabo este experimento fueron similares al del anteriormente descrito.

3.7 Mortalidad de la F_1 en los estados de larva y pupa y proporción sexual en el estado adulto

En este experimento se determinó la mortalidad de las respectivas progenies F_1 provenientes de un progenitor macho irradiado con dosis de 0, 30, 45 y 60 kr. Estas progenies F_1 se obtuvieron en la misma forma descrita en el punto 3.4. Después de retirar las plantas utilizadas, con el objeto de disponer de insectos F_1 para los ensayos de fertilidad, fecundidad y longevidad, se colocó una planta pequeña de aproximadamente 30 cm de altura. Estas plantas se retiraron al cabo de 24 horas y se colocaron en incubadora a $24,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$

de temperatura y 75 ± 5 por ciento de humedad relativa y 12 horas diarias de luz. Cada hoja se identificó con una etiqueta donde se consignó el número de larvas presentes.

Cuando las larvas estaban a punto de completar su desarrollo se cubrieron las plantas con bolsas de papel celofán para recoger las pupas. Estas pupas se colocaron individualmente en frascos de cinco mililitros y se conservaron en las mismas condiciones de temperatura y humedad, hasta la emergencia de los adultos. Cuando ya los primeros adultos estaban próximos a emerger, se recortaron las hojas en que habían empupado algunos insectos y se guardaron en los frascos para observar el sexo de los adultos que emergen. En este ensayo se hicieron tres repeticiones.

4. RESULTADOS

4.1 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la fertilidad de la progenie F₁

En el Cuadro 1 se consignan los datos de la fertilidad de la progenie F₁, cuando el progenitor macho ha sido irradiado con distintas dosis subesterilizantes. Puede observarse que cuando se suministran a insectos machos dosis de 0, 30, 45 y 60 kr, y se cruzan con hembras no tratadas, la fertilidad es de 93,9, 63,9, 32,2 y 11,1 por ciento, respectivamente. Las progenies F₁, provenientes de un progenitor macho tratado con dosis de 30 kr o de 45 kr, presentaron una fertilidad muy baja, inferior a uno por ciento, cuando se cruzaron con insectos del sexo contrario sin historia de irradiación. Cuando el progenitor macho fue irradiado con una dosis de 60 kr, tanto las hembras como los machos de la progenie F₁ resultaron totalmente estériles, al aparearse con individuos del sexo contrario sin historia de irradiación. También la esterilidad fue total cuando se cruzaron machos y hembras cuyos progenitores machos habían sido irradiados con dosis de 30 o 45 kr.

En este ensayo se escogieron al azar unos pocos machos de las distintas F₁ y se cruzaron con hembras vírgenes, determinándose la presencia de espermatozoides en las espermatecas de varias hembras examinadas.

4.2 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la fecundidad de la F₁

En el Cuadro 2 y en la Figura 5 se puede apreciar que cuando se cruzan machos y hembras sin historia de irradiación, el número de huevos ovipositados por hembra es superior al de aquellos cruzamientos en que uno o ambos sexos provienen de progenitores machos irradiados. El número de huevos por hembra cuando se aparean hembras normales con machos F₁, cuyos progenitores machos recibieron dosis de 30, 45 y 60 kr, son muy similares entre sí. Así mismo,

Cuadro 1. Fertilidad de la F₁ de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville), proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ ♀/	♂P x ♀N % fertili- dad ^{b/}	Porcentaje de fertilidad ^{b/} ± S		
		♂F ₁ x ♀N ^{c/}	♂N x ♀F ₁ ^{c/}	♂F ₁ x ♀F ₁ ^{d/}
0	93,9	94,1 0,79 (1928) ^{e/}	-	-
30	63,9	0,1 0,20 (1094)	0,7 0,89 (1035)	0,0 (248)
45	32,2	0,2 0,29 (1232)	0,2 0,12 (1229)	0,0 (515)
60	11,1	0,0 (1145)	0,0 (522)	-

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

b/ Promedio de huevos recolectados durante ocho días

c/ Promedio de cuatro repeticiones, 10 parejas por repetición

d/ Promedio de tres repeticiones, 10 parejas por repetición

e/ Cifras entre paréntesis indican número total de huevos observados

* * * * *

hembras F₁, cuyos progenitores machos recibieron dosis de 30 y 45 kr, cruzadas con machos normales, depositaron un número de huevos por hembra bastante semejante al grupo anterior.

Se observó un decaimiento muy marcado del número de huevos por hembra cuando se cruzaron hembras F₁, descendientes de un progenitor macho irradiado con 60 kr, con machos sin historia de irradiación. También se observó este decaimiento cuando se aparearon machos y hembras cuyos progenitores machos fueron irradiados con dosis de 30 y 45 kr.

Cuadro 2. Fecundidad de la F_1 de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ^{a/}	Número de huevos por hembra ^{b/} ±		
	♂ F_1 x ♀ N ^{c/}	♂ N x ♀ F_1 ^{c/}	♂ F_1 x ♀ F_1 ^{d/}
0	48,2± 8,60	-	-
30	27,3± 7,20	25,8±2,43	8,3±2,59
45	30,8±13,25	30,7±9,29	17,2±6,25
60	28,6± 6,71	13,0±1,54	-

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

b/ Promedio de huevos recolectados durante ocho días

c/ Promedio de cuatro repeticiones, 10 parejas por repetición

d/ Promedio de tres repeticiones, 10 parejas por repetición

* * * * *

4.3 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la longevidad de los adultos F_1

La longevidad de la F_1 , cuyos progenitores machos recibieron distintas dosis de radiación, se consigna en el Cuadro 3, expresada como el tiempo promedio en que muere el 50 por ciento de la población. En todos los casos los machos tuvieron una longevidad superior a las hembras. La diferencia máxima de longevidad (T_{50}) observada entre los distintos machos fue de menos de tres días, entre el testigo y machos cuyo progenitor macho había sido irradiado con 60 kr. En las hembras se registró una diferencia máxima de tres días, entre el testigo y hembras cuyo progenitor macho recibió 60 kr.

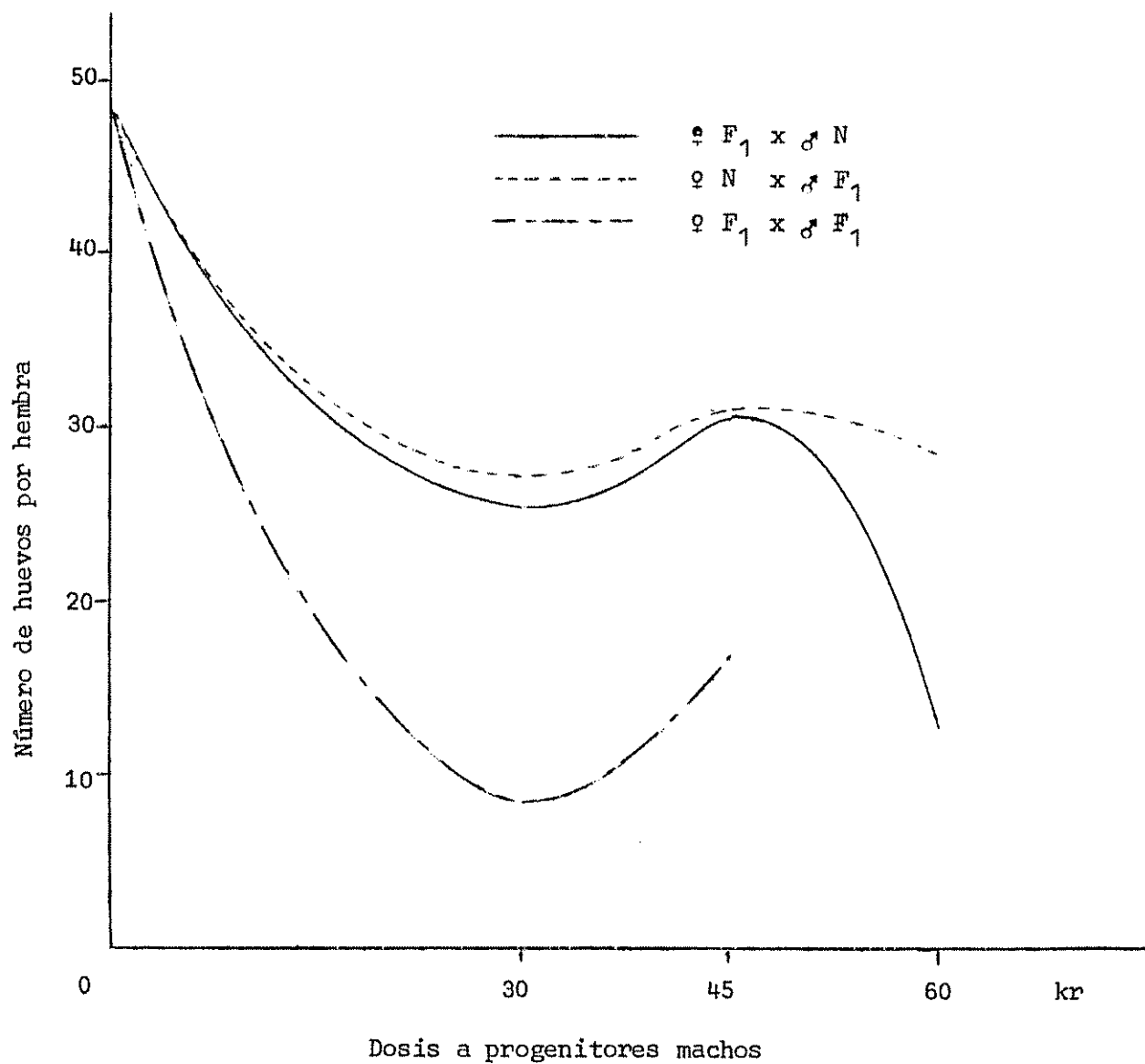


Fig. 5. Efecto de diferentes dosis de radiación, suministrada a progenitores machos, sobre la fecundidad de la F₁.

Cuadro 3. Longevidad de la progenie F_1^a de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma. (Promedio de cuatro repeticiones)

Dosis (kr) a P machos ^{b/}	T ₅₀ (días) machos F_1 ± S	T ₅₀ (días) hembras F_1 ± S
0	15,0±1,35	12,3±1,29
30	13,1±2,80	10,7±1,84
45	12,8±2,15	9,8±1,56
60	12,4±1,03	9,2±1,55

a/ Apareada con insectos del sexo opuesto sin historia de irradiación. En cada tratamiento se tenían 20 insectos (10 machos y 10 hembras).

b/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

* * * * *

4.4 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la mortalidad, en los estados de larva y pupa, de la F_1

Los porcentajes de mortalidad larval de las progenies F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma, pueden apreciarse en el Cuadro 4 y en la Figura 6. Claramente se observa que la mortalidad de las larvas F_1 aumenta a medida que se incrementa la dosis aplicada al progenitor macho.

En el Cuadro 4 se consignan los porcentajes de mortalidad, en el estado pupal, de la progenie F_1 . Se pueden distinguir dos grupos definidos, uno formado por la mortalidad de las progenies F_1 cuyos progenitores machos fueron tratados con dosis de 0 y 30 kr y, otro, integrado por la progenie de machos irradiados con 45 y 60 kr. Este segundo grupo presentó un porcentaje de mortalidad superior al primero. Sin embargo, en ambos grupos puede considerarse

Cuadro 4. Mortalidad de larvas y pupas F₁ de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ ♀	No. total larvas F ₁ observadas	Mortalidad b/ larval (%) ±S	No. total pupas F ₁ observadas	Mortalidad b/ pupal (%) ±S
0	124	10,2± 3,76	111	7,3±4,63
30	253	30,5± 4,52	176	8,0±0,5
45	460	50,8± 4,50	223	15,1±2,77
60	284	63,2±10,14	106	15,7±7,00

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

b/ Promedio de tres repeticiones.

* * * * *

que la mortalidad fue bastante reducida y la variancia fue grande, tal como se puede observar en la Figura 7.

4.5 Efecto de dosis subesterilizantes sobre la proporción sexual de adultos F₁

En el Cuadro 5 se puede apreciar la proporción resultante entre machos y hembras adultos de la F₁, cuyos progenitores machos recibieron dosis subesterilizantes de radiación gamma. Puede observarse que existe poca diferencia entre el número de machos y hembras. En el relativamente reducido número de adultos observados, se obtuvieron las siguientes proporciones entre machos y hembras: 1,0:1,1; 1,0:1,0; 1,0:1,0 y 1,1:1,0, cuando los progenitores machos fueron irradiados con dosis de 0, 30, 45 y 60 kr, respectivamente.

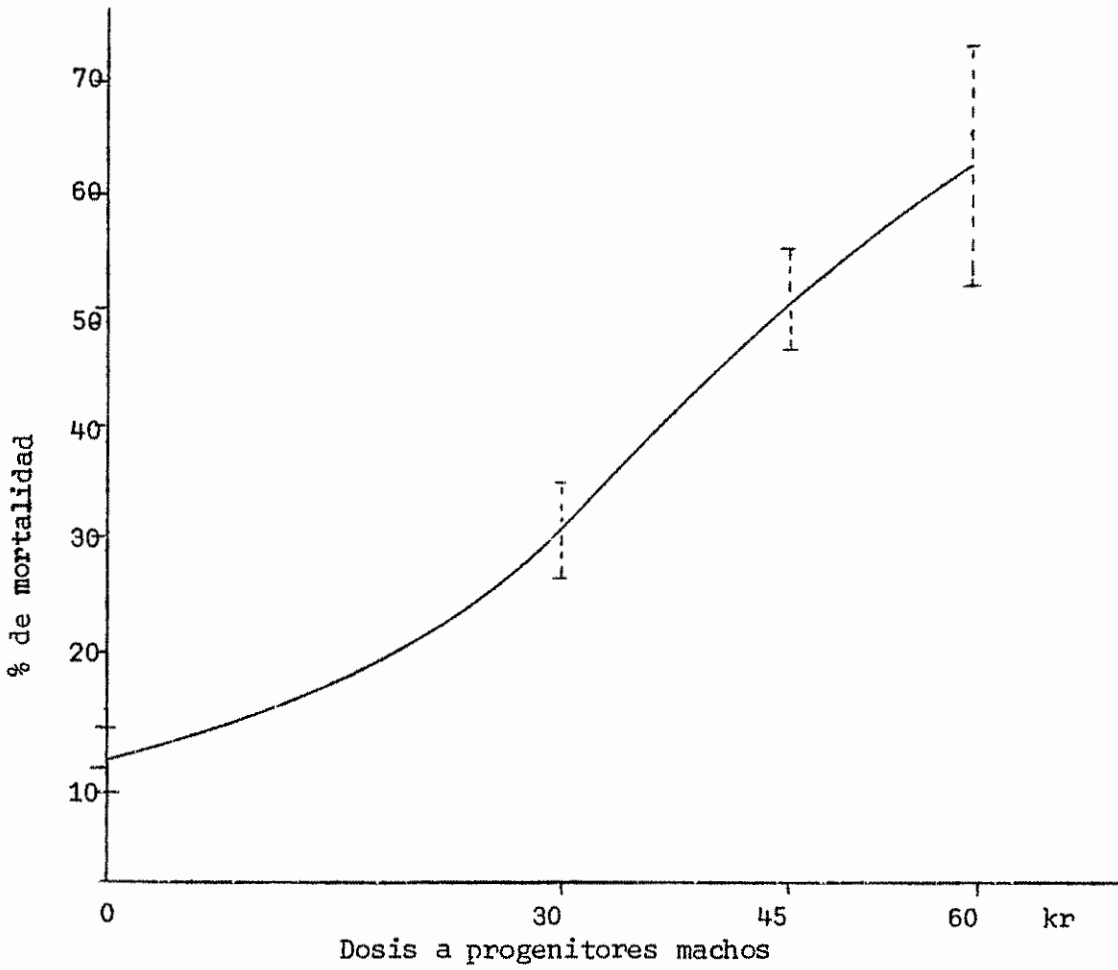


Fig. 6. Mortalidad de larvas F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma.

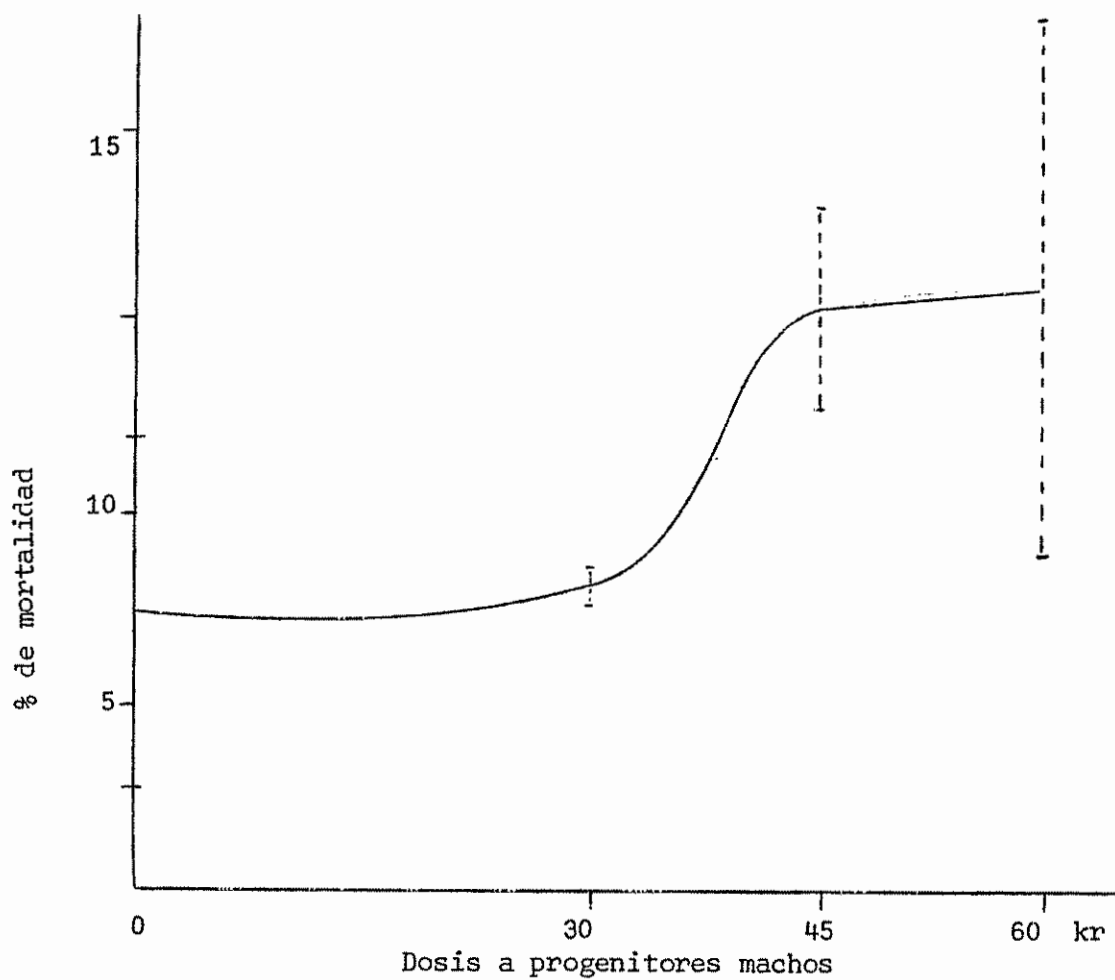


Fig. 7. Mortalidad pupal de la progenie F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Cuadro 5. Proporción entre machos y hembras adultos presentes en la progenie F_1 de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma. (Promedio de tres repeticiones)

Dosis (kr) a P ♂ a/	Machos % ± S	Hembras % ± S	Machos : Hembras
0	47,2±2,96	52,8±2,92	1,0 : 1,1
30	48,8±2,64	51,2±2,64	1,0 : 1,0
45	50,0±4,15	50,0±4,15	1,0 : 1,0
60	53,3±5,91	46,7±5,91	1,1 : 1,0

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

* * * * *

4.6 Competencia, por apareamiento, entre machos F_1 con historia de irradiación y machos normales

En el Cuadro 6 se presentan los resultados correspondientes a la competencia sexual entre machos normales y machos P_1 , cuyos progenitores machos fueron tratados con diferentes dosis de radiación. Esta competencia se hizo en base al número de huevos eclosionados en los diferentes tratamientos, cuando en una misma jaula se colocaron machos F_1 , machos normales y hembras vírgenes. Puede observarse que en todos los casos la fertilidad fue bastante alta, no detectándose diferencias apreciables entre tratamientos.

Cuadro 6. Competencia, por apareamiento, entre machos normales y machos F₁, cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ ^{a/}	Proporción de insectos ♂ F ₁ : ♂ N : ♀ N ^{b/}	Huevos exa- minados ^{c/}	% de fertilidad promedio ^{d/} ± S
0	0 : 1 : 1	1538	94,7 ± 1,45
30	1 : 0 : 1	823	1,5 ± 2,26
45	1 : 0 : 1	1100	0,2 ± 0,34
30	1 : 1 : 1	1696	90,6 ± 3,04
30	2 : 1 : 1	1482	87,6 ± 2,29
30	3 : 1 : 1	1253	83,9 ± 7,70
45	1 : 1 : 1	1852	90,8 ± 4,61
45	2 : 1 : 1	1331	82,1 ± 6,61
45	3 : 1 : 1	1308	84,8 ± 8,12

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

b/ Diez hembras en cada tratamiento.

c/ Total de huevos examinados durante ocho días en cada repetición.

d/ Promedio de tres repeticiones.

5. DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos y consignados en el capítulo anterior, en Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) el daño genético ocasionado por distintas dosis subesterilizantes de radiación gamma es transmisible a la progenie F₁. Como consecuencia de ello esta progenie F₁ es más estéril que su progenitor macho irradiado. La poca fertilidad obtenida en algunos cruzamientos, siempre inferior a uno por ciento, puede considerarse nula para efectos prácticos. Esta disminución de la fertilidad en la progenie F₁, de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), proveniente de un progenitor macho irradiado, concuerda con resultados obtenidos en otros lepidópteros por distintos autores. Proverbs y Newton (40) obtuvieron en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L) una fertilidad de 10 por ciento en machos irradiados con 30 kr y de sólo dos por ciento en su progenie macho, siendo nula la fertilidad en la progenie hembra. Cogburn, Tilton y Burkholder (8) encontraron que en Plodia interpunctella (Hübner) y en Sitotroga cerealella (Olivier) las progenies F₁, provenientes de un progenitor macho irradiado y de una hembra no tratada, fueron más estériles que los progenitores irradiados. Anwar (1) observó que al aplicar a machos de Spodoptera exigua (Hübner) una dosis de 45 kr resulta una esterilidad de 10 por ciento, siendo la progenie totalmente estéril. North y Holt (35) en Trichoplusia ni (Hübner), Husseiny y Madsen (25) en Paramyelois transitella (Walker) y Walker y Quintana (51) en Diatraea saccharalis (F) obtuvieron resultados concluyentes sobre la heredabilidad del daño genético, reflejado en una menor fertilidad de la progenie en comparación con sus progenitores irradiados.

North y Holt (34) explican este fenómeno basándose en el hecho de que, al parecer, los lepidópteros poseen un tipo de centrómero denominado difuso.

La presencia de este tipo de centrómero ha sido demostrada o sugerida por Federley (12), Suomalainen (46), Barry, Guthrie y Dollinger (2) y Virkki (50). Los autores primeramente citados (34), sugieren que, debido a este tipo de centrómero, los fragmentos de cromosomas producidos por la radiación no se pierden en la división celular, induciéndose pocas mutaciones dominantes letales en la esperma. Esta contendría una alta frecuencia de translocaciones recíprocas que se transmitirían a la progenie. Al ocurrir la meiosis en la progenie, la translocación recíproca heredada puede ocasionar la formación de células germinales que contienen cantidades duplicadas y deficientes de material genético. Al utilizarse esta esperma en la fertilización ocurre la muerte del embrión en desarrollo. Estos mismos autores sostienen que el porcentaje de esterilidad en la F_1 es dependiente del número de cromosomas que participan en los intercambios. Por lo tanto la progenie podrá ser desde parcial hasta totalmente estéril.

Aplicando esta teoría a los resultados obtenidos en Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), pareciera ser que las dosis de radiación suministradas a los progenitores machos fueron suficientemente altas como para ocasionar un gran número de translocaciones cromosómicas, que produjeron una esterilidad casi total en la progenie. Sin embargo, podría ser que estudiando un mayor número de insectos se encontraran algunos que tuviesen una fertilidad relativamente alta.

Los resultados de fecundidad, presentados en el capítulo anterior en el Cuadro 2, indican que las hembras normales apareadas con machos normales tienen una fecundidad superior a la de aquellos cruzamientos en que uno o ambos sexos provienen de un progenitor macho irradiado. Esas hembras tuvieron una fecundidad de 48,2 huevos por hembra durante los primeros ocho días, mientras que las hembras F_1 , cuyos progenitores machos fueron irradiados con dosis de 30 y

45 kr, cruzadas con machos normales, y hembras normales cruzadas con machos F_1 , cuyos progenitores fueron irradiados con 30, 45 y 60 kr, tuvieron una fecundidad inferior en aproximadamente un 40 por ciento. Las hembras F_1 , cuyo progenitor macho recibió 60 kr, cruzadas con machos normales, tuvieron una fecundidad notablemente menor. Así mismo, las hembras F_1 , cuyos progenitores machos recibieron dosis de 30 y 45 kr, apareadas con machos con igual historia de irradiación, tuvieron una fecundidad muy reducida, con solo 8,3 y 17,2 huevos por hembra, respectivamente. Esta disminución de la fecundidad en la progenie F_1 con historia de irradiación ha sido señalada por varios investigadores. Proverbs y Newton (40) encontraron, en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), que cuando una hembra F_1 , proveniente de un progenitor irradiado, se cruza con un macho normal, su fecundidad es un tercio de la observada en el testigo. Al aparear una hembra normal con un macho F_1 , con historia de irradiación, también encontraron una reducción en la fecundidad aunque algo inferior a la anteriormente indicada. Husseiny y Madsen (25) cruzaron entre sí la F_1 , con historia de irradiación, encontrando relativamente pocos huevos. Anwar (1) también encontró que en Spodoptera exigua (Hübner) las hembras F_1 , con historia de irradiación, cruzadas con machos normales, depositaron menos huevos que en el cruzamiento inverso, aunque en este último también se redujo la fecundidad en relación al testigo.

Proshold y Bartell (39) encontraron que en Heliothis virescens (F) la respuesta a la oviposición es muy variable. Mientras más alta es la dosis suministrada a uno de los progenitores, mayor es la variabilidad en el número de huevos depositados por las hembras normales, apareadas con machos F_1 con historia de irradiación. Estos autores (39) sugieren que la poca fecundidad y gran variabilidad de la misma, se puede atribuir a que algunos machos no transmiten una cantidad normal de esperma. Según ellos, el hecho de que las hembras F_1 ,

con historia de irradiación, cruzadas con machos normales, presenten una baja fecundidad puede atribuirse a una gran reducción de los ovarios como consecuencia de la radiación suministrada a su progenitor. Flint y Kressin (15) sugieren que la causa de reducción en la fecundidad observada en algunos insectos, cuando se aparean hembras normales con machos irradiados, puede atribuirse a una menor transferencia de esperma o de fluido seminal. Podría ser que los machos F_1 de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville), con historia de irradiación, no sean capaces de transmitir una cantidad normal de esperma y ello ocasiona una pérdida de fecundidad. En el presente trabajo se tuvo oportunidad de verificar que hembras vírgenes de Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) depositan muy pocos huevos.

Las distintas dosis de radiación, suministradas al progenitor macho, pueden tener efecto sobre la longevidad de la progenie F_1 adulta, por lo que se decidió estudiar este aspecto. La longevidad observada fue siempre superior en los machos que en las hembras. Los testigos tuvieron una mayor longevidad que los otros cruzamientos en que participaron insectos con uno o ambos sexos con historia de irradiación. Sin embargo, la diferencia no parece ser considerable. La longevidad de los machos y hembras del testigo fue bastante similar a la encontrada por Reyes (41) en este mismo insecto. Proverbs y Newton (40) encontraron en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L) una diferencia en longevidad de apenas un día entre machos testigos y machos con historia de irradiación. Anwar (1) obtuvo, en Spodoptera exigua (Hübner) una diferencia de menos de tres días entre las longevidades de machos y hembras normales, en comparación con machos y hembras con historia de irradiación.

El efecto letal de las radiaciones se manifiesta, por lo general, en mayor grado en el estado embrionario. Sin embargo, muchas veces su acción se extiende a otros estados de desarrollo post-embrionario. De los resultados obtenidos

sobre mortalidad larval y pupal, puede afirmarse que el primer estado es el más afectado. En la progenie de machos sin historia de irradiación la mortalidad larval fue muy similar a la pupal. En la progenie de machos irradiados, la mortalidad es muy superior en el estado larval que en el estado de pupa. A medida que aumenta la dosis aplicada al progenitor, aumenta también la mortalidad larval; en la progenie de machos tratados con 60 kr la mortalidad es unas seis veces más alta que en el testigo. El porcentaje de mortalidad pupal es, prácticamente, igual entre el testigo y la progenie cuyo macho fue tratado con 30 kr. La mortalidad de la progenie descendiente de machos tratados con dosis de 45 y 60 kr es similar entre sí y superior a la de los otros dos tratamientos. La relativamente alta mortalidad observada durante el desarrollo de la progenie F_1 , proveniente de un progenitor macho irradiado, permitiría la liberación de machos con dosis subesterilizantes que tienen una cierta fertilidad.

Proverbs y Newton (40), en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), encontraron también una mayor mortalidad en los descendientes de progenitores irradiados, en comparación con el testigo. Godwin, Rule y Waters (20), en Porthe-
tria dispar (L), obtuvieron una creciente mortalidad larval a medida que aumentaban las dosis subesterilizantes suministradas a los progenitores. En el estado pupal no encontraron mortalidad. Anwar (1), en Spodoptera exigua (Hübner), y El Sayed y Graves (11), en Heliothis virescens (F), obtuvieron resultados similares.

Como quiera que la radiación suministrada a los progenitores machos puede, en algunos insectos, ocasionar mayor mortalidad en uno de los sexos de la progenie F_1 , se tomaron datos de la proporción de machos y hembras adultos que emergieron.

Estos resultados parecen diferir poco entre sí. El número de insectos examinados fue relativamente reducido, por lo que los resultados obtenidos se

pueden considerar preliminares. En el testigo se obtuvo una proporción entre machos y hembras de 1,0:1,1 que favorece ligeramente a las hembras. En los descendientes de progenitores machos irradiados con 30 y 45 kr la proporción fue de 1,0:1,0, mientras que en la progenie de machos tratados con 60 kr la proporción favorece a los machos con una relación de 1,1:1,0.

Resultados obtenidos por distintos autores concuerdan en una proporción sexual con mayor número de machos que de hembras, cuando al progenitor macho se le suministra radiación gamma. Proverbs y Newton (40), en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L), Anwar (1), en Spodoptera exigua (Hübner) y Proshold y Bartell (39), en Heliothis virescens (F), encontraron esta distorsión en la proporción sexual.

Proshold y Bartell (39) arguyen que, aunque las razones para esta distorsión no son todavía claras, podría ser la expresión de mutaciones recesivas letales en el cromosoma X y que no son cubiertas por alelos en el cromosoma Y. Como en Lepidoptera la hembra es el sexo heterogamético, lógicamente esta mutación la afectaría en mayor grado. También los mismos autores (39) sugieren que los rearrreglos en los cromosomas pueden perturbar el mecanismo que determina el sexo, probablemente alterando la producción de hormonas o enzimas que, a su vez, causan gran mortalidad en las hembras.

Los resultados obtenidos sobre la competencia sexual entre machos normales y machos F₁, cuyos progenitores machos fueron tratados con diferentes dosis de radiación, parecen indicar que los machos F₁ con historia de irradiación ejercen muy poca influencia sobre una población compuesta por machos y hembras normales. En todos los casos la fertilidad fue muy alta y significativamente superior a la esperada.

Este inferior desempeño de los machos F₁ con historia de irradiación ha sido señalado por Proverbs y Newton (40) en Laspeyresia (=Carpocapsa) pomonella (L).

Estos autores encontraron que machos F_1 , cuyo progenitor macho fue irradiado con 30000 rads, copularon un menor número de hembras que el testigo. Anwar (1), en Spodoptera exigua (Hübner), también encontró que en los machos F_1 con historia de irradiación el número de cópulas por macho es inferior al testigo. Proshold y Bartell (39), en Heliothis virescens (F) obtuvieron resultados en ese mismo sentido y, además, determinaron que un alto porcentaje de las hembras copuladas por machos F_1 provenientes de un progenitor irradiado no contenían esperma.

North y Holt (34) en Trichoplusia ni (Hübner), observaron que en una población compuesta por dos machos F_1 , cuyo progenitor macho recibió 15 kr, un macho sin historia de irradiación y una hembra normal, el potencial reproductivo fue de 70,0 por ciento, en comparación con el testigo.

En un ensayo preliminar, anteriormente citado, se demostró que por lo menos algunos machos F_1 de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville) son capaces de copular y transmitir esperma. Por lo tanto, puede pensarse que la alta fertilidad observada en las hembras, que estaban en presencia de distintas proporciones de machos F_1 y machos normales, puede deberse a una o varias de las siguientes razones: 1) los machos F_1 quizá transmiten menor cantidad de esperma; 2) la esperma de los machos F_1 es menos competitiva que la de los machos normales; 3) los machos F_1 son menos ágiles que los machos normales y se dejan superar por éstos en cuanto a copulación. Con respecto a esta última hipótesis, durante la realización de los distintos ensayos se pudo observar que, al ser introducidos en las jaulas, los machos F_1 con historia de irradiación eran aparentemente menos ágiles que los machos normales.

6. CONCLUSIONES

- 1- La fertilidad de los descendientes F_1 , provenientes de progenitores machos irradiados, fue en todos los casos inferior al 1,0 por ciento.
- 2- La fecundidad en los cruzamientos de la F_1 sufre una considerable reducción cuando uno o ambos sexos provienen de un progenitor macho irradiado.
- 3- La competencia, por apareamiento, entre machos normales y machos F_1 , con antecedentes de irradiación, indican que los segundos ejercen muy poca influencia en la reducción de la fertilidad de las hembras normales con que se aparean.
- 4- La mortalidad de las larvas F_1 , procedentes de machos irradiados, aumentó a medida que se incrementaron las dosis suministradas a los progenitores. Esta mortalidad larval permitiría liberar machos tratados con dosis subesterilizantes, que tendrían la posible ventaja de ser más competitivos.
- 5- La aplicación de dosis subesterilizantes a los progenitores machos, pareciera no tener un efecto marcado sobre la mortalidad en el estado pupal, proporción sexual resultante y longevidad de los adultos de la progenie F_1 .

7. RESUMEN

Uno de los insectos que causa mayor daño en las plantaciones cafetaleras es el llamado "minador del café", Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville). Hasta el presente, la aplicación de productos químicos es el método de control generalmente recomendado. Debido a las objeciones que despierta este tipo de control, se ha pensado estudiar la factibilidad de emplear la técnica de insectos estériles en este insecto.

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- 1- Determinar la fertilidad, fecundidad y longevidad de las progenies F_1 , provenientes de machos irradiados en estado adulto con tres dosis subesterilizantes.
- 2- Observar la mortalidad de dichas progenies en sus distintas etapas de desarrollo y la proporción sexual resultante en el estado adulto.
- 3- Determinar la competencia sexual entre los machos F_1 , provenientes de un progenitor macho irradiado, y machos sin historia de irradiación.

Los ensayos de fertilidad, fecundidad y competencia sexual se realizaron en el laboratorio a $26 \pm 3^\circ\text{C}$ de temperatura y 75 ± 5 por ciento de humedad relativa. Los ensayos de mortalidad en el estado de larva y de pupa se realizaron en incubadoras a $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$ de temperatura, 75 ± 5 por ciento de humedad relativa y 12 horas diarias de luz. La irradiación se efectuó en una fuente de ^{60}Co con una exposición de 1,5 kr por minuto. Los progenitores machos se irradiaron en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia con dosis de 30, 45 y 60 kr y se cruzaron con hembras vírgenes normales.

Los ensayos se realizaron con 10 parejas por tratamiento y por repetición y se recolectaron huevos durante los ocho primeros días después de la irradiación. En las pruebas de competencia sexual el número de hembras fue de diez en todas las proporciones estudiadas.

La fertilidad de la progenie F_1 , cruzada con individuos del sexo opuesto con o sin antecedentes de irradiación, fue en promedio inferior a uno por ciento.

La fecundidad promedio de las hembras testigo fue de 48,2 huevos por hembra, durante un período de ocho días. Las hembras F_1 , cuyos progenitores machos recibieron dosis de 30 y 45 kr, cruzadas con machos normales, tuvieron una fecundidad similar a las hembras normales cruzadas con machos F_1 , con historia de irradiación, siendo esta fecundidad inferior a la de las hembras testigo. Se observó una fecundidad muy reducida en las hembras F_1 , cuyo progenitor macho recibió 60 kr de radiación, apareadas con machos normales. También la fecundidad declinó drásticamente en las hembras F_1 , con historia de irradiación y apareadas con machos F_1 , de iguales antecedentes.

La longevidad de la progenie F_1 adulta disminuyó muy poco al aumentar las dosis aplicadas a los progenitores machos.

La mortalidad de la progenie F_1 en el estado de larva fue de 10,2, 30,5, 50,8 y 63,2 por ciento, cuando el progenitor macho fue tratado con dosis de 0, 30, 45 y 60 kr, respectivamente. En el estado de pupa la mortalidad fue de 7,3, 8,0, 15,1 y 15,7, cuando el progenitor macho fue irradiado con dosis de 0, 30, 45 y 60 kr, respectivamente.

La proporción entre machos y hembras de las progenes F_1 , parece no alterarse significativamente cuando los progenitores machos han sido irradiados con dosis subesterilizantes de 30, 45 y 60 kr.

Al estudiarse la competencia sexual entre machos F_1 , con historia de irradiación y machos sin esos antecedentes, se encontró que los primeros no ejercen una influencia apreciable sobre la fertilidad de los huevos ovipositados por las hembras normales que se les suministran.

8. SUMMARY

The coffee-leaf miner, Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) is one of the most destructive insect pests in coffee plantations. The only satisfactory control so far has been the application of insecticides. But this control method has some inherent disadvantages. Because of this, studies were made to determine if the sterile male technique can be used for the control of this insect.

In the present study all F_1 progenies were derived from crosses between irradiated parent male and non-irradiated parent female. The present study had the following objectives:

- 1) To determine the fertility, fecundity and longevity of the F_1 progenies arising from 30, 45 or 60 kr doses given to the parent male.
- 2) To observe the mortality of the F_1 progeny in different stages of development and find out the sex ratio of the F_1 moths.
- 3) To determine the mating competitiveness of F_1 and non-irradiated males.

The fertility, fecundity and mating competitiveness experiments were carried out in the laboratory at $26 \pm 3^\circ\text{C}$ temperature and 75 ± 5 percent relative humidity. Experiments to study larval and pupal mortality of F_1 moths were realized in temperature controlled cabinets at $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$ temperature and 75 ± 5 percent relative humidity under 12 hours dark and 12 hours light regions.. The irradiation was carried out in a ^{60}Co irradiator with a dose rate of c.a. 1.5 kr/m.

Parent male moths were irradiated at the adult stage (two to 23 hours after emergence) with sub-esterilizing doses of 30, 45 or 60 kr. Irradiated males were crossed with non-irradiated virgin females. Each treatment consisted of 10 males and 10 females per cage. Daily egg collection was made for the eight day period following irradiation. In mating competitiveness tests 10 females

were used per ratio.

The fertility of F_1 progeny (males as well as females) arising from irradiated parent male was always observed to be less than one percent.

The fecundity of F_1 females (arising from parent male irradiated with 30 or 45 kr) crossed with normal males was similar to the normal females when crossed with F_1 males (arising from parent male receiving 30, 45 or 60 kr). Both types of crosses gave lower fecundity as compared to the check. F_1 female (arising from parent male moth irradiated with 60 kr) produced very few eggs when mated to non-irradiated male. Similarly, very low fecundity was found in crosses of F_1 moths between themselves with radiation history.

The longevity of F_1 moths reduced very little with the increase in the irradiation dose applied to the parent male moth.

The mortality of the F_1 progeny in the larval stage was 10.2, 30.5, 50.8 and 63.2 percent, respectively, when parent males were irradiated with 0, 30, 45 or 60 kr. Similarly, pupal mortality in F_1 progeny was 7.3, 8.0, 15.1 and 15.7 percent, respectively when parent male moths were irradiated with 0, 30, 45 or 60 kr.

Sex ratio of F_1 moths did not alter significantly when parent males were irradiated with 30, 45 or 60 kr. In the laboratory, when F_1 males were caged together with non-irradiated males and normal females, the fertility of females was not reduced appreciably, indicating that the F_1 males do not compete with normal males in mating for normal females.

9. LITERATURA CITADA

1. ANWAR, M. Quelques effets de l'irradiation aux rayons gamma sur Spodoptera (=Laphygma) exigua Hb. (Lepidoptera:Noctuidae). In Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology, Vienna, 1967. Proceedings. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1968. pp. 109-121.
2. BARRY, B. D., GUTHRIE, W. D. y DOLLINGER, E. J. Evidence of a diffuse centromere in the European corn borer, Ostrinia nubilalis (Lepidoptera:Pyraliidae). Annals of the Entomological Society of America 60(2):487-488. 1967.
3. BAUMHOVER, A. H. et al. Screw-worm control through release of sterilized flies. Journal of Economic Entomology 48(4):462-466. 1955.
4. BOX, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, Leucoptera coffeella Guer. in Kenya Colony. (Lepidoptera:Lyonetiidae). Bulletin of Entomological Research 14(1):133-145. 1923.
5. BRADLEY, J. D. Taxonomic notes on Leucoptera meyricki Ghesguyère and Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville) (Lepidoptera:Lyonetiidae). Bulletin of Entomological Research 49:417-419. 1958.
6. BUSHLAND, R. C. y HOPKINS, D. E. Experiments with screw-worm flies sterilized by X-rays. Journal of Economic Entomology 44(5):725-731. 1951.
7. CASTILLO, J. A. y BRITO, M. El minador de la hoja del cafeto, Leucoptera coffeella Guer. Agricultura en El Salvador 7(1-3):41-48. 1966.
8. COGBURN, R., TILTON, W. y BURKHOLDER, W. E. Gross effects of gamma radiation on the Indian-meal moth and Angoumois grain moth. Journal of Economic Entomology 59(3):682-685. 1966.
9. COOK, M. T. The coffee leaf miner (Leucoptera coffeella Stain.). USDA, Bur. of Entomol., Bulletin no. 52:97-99. 1905. (Original no consultado; citado en Box, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, Leucoptera coffeella, Guer., in Kenya Colony. (Lepidoptera:Lyonettidae). Bulletin of entomological Research 14(1):133-145. 1923).
10. EL SAYED, E. I. y GRAVES, J. B. Effects of gamma radiation on the tobacco budworm. I. Irradiation of pupae. Journal of Economic Entomology 62(2):289-293. 1969.
11. _____ y GRAVES, J. B. Effects of gamma radiation on the tobacco budworm. II. Irradiation of moths. Journal of Economic Entomology 62(2):293-296. 1969.
12. FEDERLEY, J. Zytogenetische untersuchungen an Mischlingen der Gattung Di-cranura B. (Lepidoptera). Hereditas 29:205-254. 1943. (Original no consultado; citado en Suomalainen, E. The kinetochore and the bivalent structure in the lepidoptera. Hereditas 39:88-96. 1953).

13. FISHER, K. VON y HERRERA, J. C. Minador del café; estudio técnico en Guatemala. Guatemala, s.e. 1963. 5 p.
14. FLINT, H. M. y KRESSIN, E. L. Gamma irradiation of pupae of the tobacco budworm. *Journal of Economic Entomology* 60(6):1655-1659. 1967.
15. _____ y KRESSIN, E. L. Gamma irradiation of the tobacco budworm: sterilization, competitiveness, and observation on reproductive biology. *Journal of Economic Entomology* 61(2):477-483. 1968.
16. _____ y KRESSIN, E. L. Transfer of sperm by irradiated *Heliothis virescens* (F) (Lepidoptera:Noctuidae) and relationship to fecundity. *Canadian Entomologist* 101(5):500-507. 1969.
17. _____ y SPENCER, N. Sterilizing doses of gamma irradiation for the imported cabbageworm, *Pieris rapae* and effects on longevity, mating and fecundity. *Journal of Economic Entomology* 63(3):1008-1009. 1970.
18. FONSECA, J. P. DA. O "bicho mineiro" das fôlhas do cafeeiro. *Biológico* 10(8):253-258; (9):298-303; (10):329-339. 1944.
19. GEORGE, J. A. Effects of gamma radiation on fertility, mating, and longevity of males of the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera:Tortricidae). *Canadian Entomologist* 99(8):850-857. 1967.
20. GODWIN, P. A., RULE, H. D. y WATERS, W. E. Some effects of gamma irradiation on the gypsy moth, *Porthetria dispar*. *Journal of Economic Entomology* 57(6):986-990. 1964.
21. HAMILTON, D. W. Investigations of insects attacking coffee in Costa Rica, C.A., March 18-29 and April 8-26, 1964. s.n.t. 35 p.
22. _____. Investigations of the coffee-leaf miner (*Leucoptera coffeella* Guer.) in Guatemala, C. A., March 29 to April 8, and April 26 to May 9, 1964. s.n.t. 29 p.
23. HATHAWAY, D. O. Laboratory and field cage studies of the effects of gamma radiation on codling moths. *Journal of Economic Entomology* 59(1):35-37. 1966.
24. HERNANDEZ P., M. El minador y su control. *Leucoptera coffeella* Guer. *Revista Cafetalera (Guatemala)* no. 31:7-17. 1964.
25. HUSSEINY, M. M. y MADSEN, H. F. Sterilization of the navel orangeworm, *Paramyelois transitella* (Walker) by gamma radiation (Lepidoptera:Phycitidae). *Hilgardia* 36(3):113-117. 1964.
26. INGUNZA S., M. A. de. El minador de la hoja del cafeto (*Leucoptera coffeella* Guer. Lepidoptera:Lyonetiidae). *Café Peruano* no. 10: 13-16. 1963.

27. KATIYAR, K. P. y FERRER, F. Rearing technique, biology and sterilization of the coffee leaf miner, Leucoptera coffeella Guer. (Lepidoptera: Lyonettidae). In Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology, Vienna, 1967. Proceedings. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1968. pp. 165-175.
28. KNIPLING, E. F. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economic Entomology* 48(4):459-462. 1955.
29. _____. Suppression of pest Lepidoptera by releasing partially sterile males. *BioScience* 20(8):465-470. 1970.
30. LA CHANCE, L., SCHMIDT, C. H. y BUSHLAND, R. C. Radiation-induced sterilization. In Kilgore, W. y Douth, R., eds. Pest control. Biological, physical, and selected chemical methods. London, Academic Press, 1967. pp. 147-196.
31. LEE, K. B., HWANG, M. K. y LEE, K. S. Exploratory studies on the eradication of the Korean pine caterpillar, Dendrolimus spectabilis Butler, by means of radiation. In Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology, Vienna, 1967. Proceedings. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1968. pp. 273-286.
32. LE PELLEY, R. H. Pest of coffee. London, Longman, 1968.
33. MULLER, H. J. The problem of genetic modification. *Verhandl der V. Kong. f. Vereb.*, 1927. (Original no consultado; citado en Bushland, R. C. y Hopkins, D. E. Experiments with screw-worm flies sterilized by X-rays. *Journal of Economic Entomology* 44(5):725-731. 1951.
34. NORTH, D. T. y HOLT, G. G. Genetic and cytogenetic basis of radiation-induced sterility in the adult male cabbage looper Trichoplusia ni. In Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology, Vienna, 1967. Proceedings. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1968. pp. 391-403.
35. _____ y HOLT, G. G. Inherited sterility in progeny of irradiated male cabbage loopers. *Journal of Economic Entomology* 61(4):928-931. 1968.
36. _____ y HOLT, G. G. Population suppression by transmission of inherited sterility to progeny of irradiated cabbage loopers, Trichoplusia ni. *Canadian Entomologist* 101(5):513-520. 1969.
37. PERROTTE, G. S. y GUERIN-MENEVILLE, F. E. Le Leucoptera coffeella et sa decouverte a la Guadeloupe. *Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale* 20(223):193-201. 1940.
38. PIERCE, W. D. A manual of dangerous insects likely to be introduced into the United States through importations. USDA, 1917. 62 p. (Original no consultado; citado en Box, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, Leucoptera coffeella, Guer., in Kenya Colony (Lepidoptera, Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research* 14(1):133-145. 1923).

39. PROSHOLD, F. I. y BARTELL, J. A. Inherited sterility in progeny of irradiated male tobacco budworms: effects on reproduction, developmental time, and sex ratio. *Journal of Economic Entomology* 63(1):280-285. 1970.
40. PROVERBS, M. D. y NEWTON, J. R. Some effects of gamma radiation on the reproductive potential of the codling moth, Carpocapsa pomonella (L) (Lepidoptera:Olethreutidae). *Canadian Entomologist* 94(11):1162-1170. 1962.
41. REYES Q., J. A. Efecto de la radiación gamma en la fertilidad, fecundidad, longevidad y vigor sexual del Leucoptera coffeella Guerin. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1970. 74 p. (mimeo)
42. RODRIGUEZ, J. G. , CAMPBELL, J. M. y EVELEENS, K. G. Effect of some oil-insecticide combinations on coffee-leaf miner. *Journal of Economic Entomology* 59(4):773-779. 1966.
43. RUNNER, G. A. Effect of Röntgen rays on the tobacco, or cigarette, beetle and the results of experiments with a new form of Röntgen tube. *Journal of Agricultural Research* 6(11):383-388. 1916.
44. SILVESTRI, F. Compendio di entomologia applicata (agraria-forestale-medica-veterinaria). Parte speciale, vol. II, 1-512, Portici (Original no consultado; citado en Le Pelley, R. H. Pest of coffee. London, Longsman. 1968. 590 p.).
45. SPEER, M. Observações relativas à biologia do "bicho mineiro das fôlhas do cafeeiro", Perileuoptera coffeella (Guérin-Méneville) (Lepidoptera:Buccolatricidae). *Arquivos do Instituto Biológico* (Brasil) no. 19:31-47. 1949.
46. SUOMALAINEN, E. The kinetochore and the bivalent structure in the lepidoptera. *Hereditas* 39:88-96. 1953.
47. VAN ZWALUWENBERG, R. H. Insects affecting coffee in Porto Rico. *Journal of Economic Entomology* 10(6):516. 1917. (Original no consultado; citado en Box, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, Leucoptera coffeella Guer., in Kenya Colony (Lepidoptera,Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research* 14(1):133-145. 1923).
48. VARELA, A. Informe sobre la producción de café en Venezuela. Washington, D. C., Comisión Especial del Café, Consejo Interamericano económico y Social, Unión Panamericana, 1954. 42 p. (mimeo)
49. VASCONCELLOS, F.T.C., LEIDERMAN, L. y SAUER, H.F.G. Estudo da ação do vários insecticidas orgânicos sôbre o "bicho mineiro" do café no interior das minas. *Biológico* 20(10):165-169. 1954.
50. VIRKKI, N. Gametogenesis in the sugarcane borer moth, Diatraea saccharalis (F) (Crambidae). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 47(2):102-137. 1963.

51. WALKER, D. W. y QUINTANA, V. Inherited partial sterility among survivors from irradiation-eradication experiment. *Journal of Economic Entomology* 61(1):318-319. 1968.
52. WALKER, D. W. y QUINTANA, V. Mating and oviposition behavior of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera:Lyonetiidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 71(1):88-90. 1969.
53. WALSINGHAM, LORD. Revision of the West-Indian microlepidoptera. *Proceedings of Zoological Society. London.* pp. 141-142. 1897. (Original no consultado; citado en Box, H. E. *Notas sobre dos insectos perjudiciales a las matas de café en Venezuela.* Traducido por L. C. Alvarado. Caracas, El Cojo, 1927. 19 p.

APENDICE

Cuadro 1. Fertilidad de la F₁ de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville), proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ a/	No. huevos F ₂ examinados ^{b/2}	% de fertilidad ♂/				Promedio
		Rep. I	Rep. II	Rep. III	Rep. IV	
Hembras normales x machos F ₁						
0	1928	95,22	93,38	94,15	93,75	94,12
30	1094	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10
45	1232	0,32	0,00	0,00	0,61	0,23
60	1145	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hembras F ₁ x machos normales						
30	1035	0,75	0,00	0,00	1,90	0,66
45	1229	0,00	0,00	0,75	0,22	0,24
60	522	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hembras F ₁ x Machos F ₁						
30	248	0,00	0,00	0,00	-	0,00
45	515	0,00	0,00	0,00	-	0,00

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

b/ Huevos recolectados durante los ocho primeros días de vida.

c/ Diez parejas por repetición.

Cuadro 2. Fecundidad de la F₁ de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville), proveniente de progenitores machos tratados con diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ a/	Huevos por hembra b/			
	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Rep. IV
				Promedio
	Hembras normales x machos F ₁			
0	54,5	37,8	44,5	56,0
30	37,8	21,3	25,4	24,9
45	30,5	17,9	25,7	49,1
60	20,0	35,7	27,2	31,6
	Hembras F ₁ x machos normales			
30	26,5	28,3	22,5	26,2
45	27,0	24,9	26,4	44,6
60	10,8	14,1	14,0	13,3
	Hembras F ₁ x machos F ₁			
30	9,4	5,3	10,1	-
45	24,3	12,6	14,6	-

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia.

b/ Promedio de 10 parejas por repetición durante ocho días.

Cuadro 3. Mortalidad de la progenie F₁ de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville), proveniente de machos tratados con diferentes dosis de radiación gamma (Promedio de cuatro repeticiones; 10 parejas por repetición)

Dosis (kr)	Sexo F ₁	% de mortalidad acumulada ^{b/} hasta 23 días después de irradiación																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	♂	0	0	0	0	0	0	5	10	10	10	17	22	25	30	50	52	72	82	85	85	92	95	100	-
	♀	0	0	0	0	2	7	10	10	10	15	17	37	42	57	72	90	92	97	97	100	-	-	-	-
30	♂	0	0	0	0	2	5	7	10	20	35	42	45	50	50	55	70	80	85	87	92	97	97	100	-
	♀	0	0	2	5	5	10	17	35	50	50	65	75	80	80	95	97	97	100	-	-	-	-	-	-
45	♂	0	0	0	0	2	5	7	10	20	25	35	40	42	50	67	75	75	87	92	100	-	-	-	-
	♀	2	2	2	2	10	22	22	27	35	42	57	70	77	82	97	100	-	-	-	-	-	-	-	-
60	♂	0	0	0	0	5	7	12	20	22	22	37	40	55	70	75	80	80	82	87	90	95	97	100	-
	♀	0	2	2	2	5	12	30	37	45	55	62	70	72	77	87	87	95	95	100	-	-	-	-	-

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto dos a 23 horas después de la emergencia

b/ Basada en un total de 40 adultos en cada tratamiento

Cuadro 4. Mortalidad de larvas F₁ de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ a/	No. total larvas observadas	% de mortalidad			
		Rep. I	Rep. II	Rep. III	Promedio
0	124	9,4	14,3	6,9	10,2
30	253	34,5	25,6	31,5	30,5
45	460	50,6	46,4	55,4	50,8
60	284	74,1	54,0	61,6	63,2

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

Cuadro 5. Mortalidad de pupas de la progenie F₁ de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P ♂ a/	No. total pupas observadas	% de mortalidad			
		Rep. I	Rep. II	Rep. III	Promedio
0	111	12,5	5,6	3,7	7,3
30	176	8,5	7,5	8,0	8,0
45	223	11,9	17,1	16,2	15,1
60	106	22,7	8,7	15,8	15,7

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

Cuadro 6. Porcentaje de machos y hembras presentes en la progenie F₁ de Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville), cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr)	% de machos y hembras							
	Rept. I		Rept. II		Rept. III		Promedio	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	47,6 (20) ^{b/}	52,4 (22)	44,1 (15)	55,9 (19)	50,0 (13)	50,0 (13)	47,2	52,8
30	51,8 (28)	48,2 (26)	46,8 (29)	53,2 (33)	47,8 (22)	52,2 (24)	48,8	51,2
45	45,9 (17)	54,1 (20)	50,0 (34)	50,0 (34)	54,2 (45)	45,8 (38)	50,0	50,0
60	52,9 (9)	47,1 (8)	47,6 (20)	52,4 (22)	59,4 (19)	40,6 (13)	53,3	46,7

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

b/ Cifras entre paréntesis indican el número de insectos observados de cada sexo en las distintas repeticiones

Cuadro 7. Competencia, por apareamiento, entre machos normales y machos F_1 , cuyos progenitores machos recibieron diferentes dosis de radiación gamma

Dosis (kr) a P, a/	Proporción insectos $F_1: N: N$ b/	Huevos exami- nados	% de fertilidad			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Promedio
0	0: 1: 1	1538	94,1	93,7	96,4	94,7
30	1: 0: 1	823	0,0	0,4	4,1	1,5
45	1: 0: 1	1100	0,0	0,6	0,0	0,2
30	3: 1: 1	1253	77,2	92,3	82,1	83,9
30	2: 1: 1	1482	88,7	89,2	85,0	87,5
30	1: 1: 1	1696	93,3	91,2	87,3	90,6
45	3: 1: 1	1308	76,3	92,5	85,5	84,8
45	2: 1: 1	1331	88,1	75,0	83,1	82,1
45	1: 1: 1	1852	86,0	95,2	91,3	90,8

a/ Progenitores (P) machos irradiados en estado adulto de dos a 23 horas después de la emergencia

b/ Diez hembras en cada tratamiento.