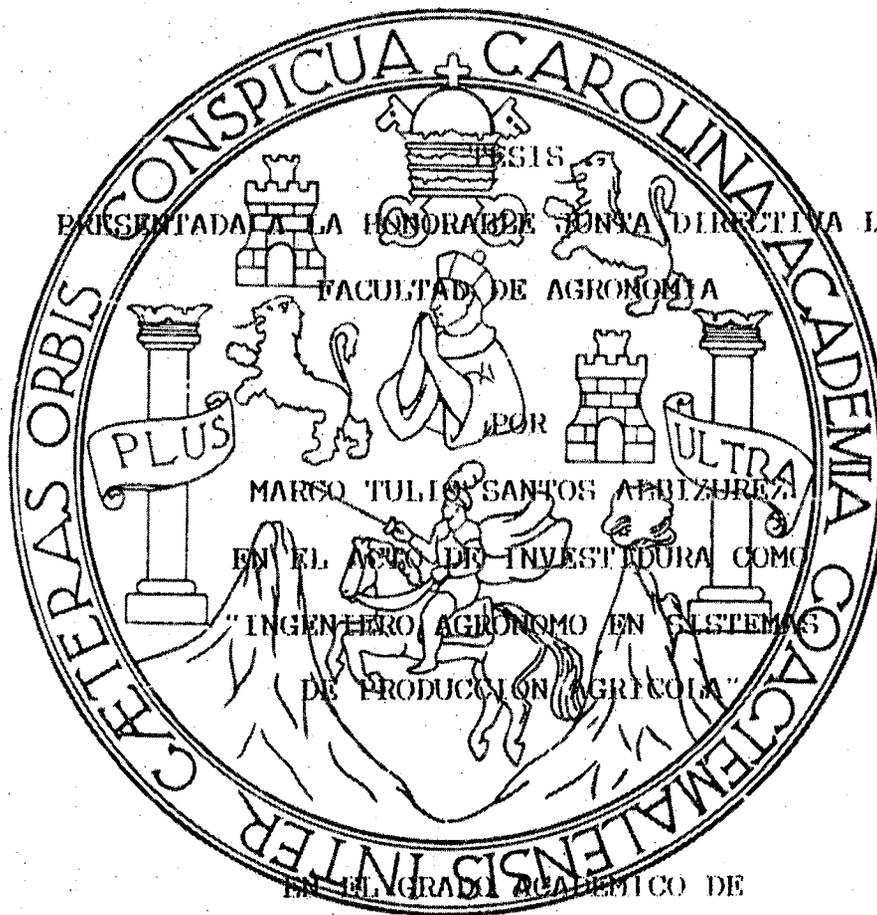


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

LA ANOXIA INDUCIDA COMO PASO PREVIO A LA IRRADIACION EN PUPAS
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (*Ceratitis capitata*) Wied.
Y SU INFLUENCIA SOBRE LA EMERGENCIA, HABILIDAD DE VUELO Y
PROPENSIDAD A LA COPULA DE LOS ADULTOS ESTERILES



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, ABRIL DE 1992

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(441)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR: Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: ING. AGR. EFRAIN MEDINA GERRA
VOCAL 1o ING. AGR. MYNOR ESTRADA RODRIGUEZ
VOCAL 2o ING. AGR. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL 3o ING. AGR. CARLOS ROBERTO MOTTA DE PAZ
VOCAL 4o BR. ELIAS RAYMUNDO RAYMUNDO
VOCAL 5o BR. JUAN GERARDO DE LEON MONTERROSO
SECRETARIO ING. AGR. MARCO ROMILIO ESTRADA MUY

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

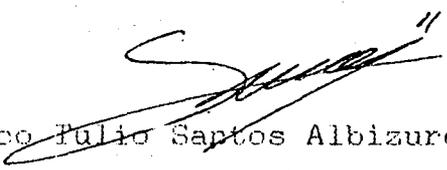
Señores:

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de tesis titulado:

"LA ANOXIA INDUCIDA COMO PASO PREVIO A LA IRRADIACION EN PUPAS DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (*Ceratitis capitata*) Wied. Y SU EFECTO EN LA EMERGENCIA, HABILIDAD DE VUELO Y PROPENSIDAD A LA COPULA, DE LOS ADULTOS ESTERILES".

Presento el mismo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente:


Marco Tulio Santos Albizurez

TESIS QUE DEDICO

A DIOS, CREADOR DE LA VIDA, EL UNIVERSO Y MAESTRO DE AMOR

A MI MADRE

FEIJICIANA ALVIZURRS G. DE SANTOS (Q.R.P.D.)

A MI PADRE

JOSE MARIA SANTOS DEL CID

A MIS HERMANOS

**KOSA DILIA, MTRJAM, JOSE MARJA, AMPARO,
MAGDA LETICIA Y LISBETH.**

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL	
1. Generalidades	4
2. Biología y hábitos	5
3. Conducta de apareamiento	6
4. Producción de mosca estéril en Guatemala	9
4.1. Sala de reproductores	10
4.2. Sala de burbujeo	10
4.3. Sala de recepción y siembra de dietas	10
4.4. Area de iniciación larval	12
4.5. Area de maduración larval	12
4.6. Sala de pintado e irradiación	13
4.7. Area de control de calidad	15
4.7.1. Componentes del sistema	15
3.2 MARCO REFERENCIAL	16
1. Localización del área del trabajo	16
2. Materiales	16
3. Equipo	16
4. Antecedentes	17
4. HIPOTESIS	19
5. OBJETIVO	19
6. METODOLOGIA	20
6.1. Diseño Experimental	20
1.1. Tratamientos a evaluar y su descripción	20
2. Selección del material experimental	21
3. Prueba de porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo	21
4. Prueba de propensidad a la cópula	22
5. Cálculo del índice de apareamiento	25

	Pag.
6. Preparación del material experimental	26
7. Desarrollo del experimento	27
8. Variables respuesta	29
9. Analisis de la información	30
7. RESULTADOS Y DISCUCION	31
1. Prueba de porcentaje de emergencia	31
2. Prueba de porcentaje de habilidad de vuelo	33
3. Prueba de propensidad a la cópula	35
4. Correlación entre habilidad de vuelo é índice de cópula	39
8. CONCLUSIONES	
1. Conclusiones	41
9. RECOMENDACIONES	42
10. BIBLIOGRAFIA	43

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Porcentaje de emergencia obtenida con 7 tratamientos de anoxia inducida.	32
Figura 2 Porcentaje de habilidad de vuelo obtenido con 7 tratamientos de anoxia inducida.	34
figura 3 Indice de cópula obtenido con 7 tratamientos de de anoxia inducida.	38
Figura 4 Relación porcentaje de habilidad de vuelo-indice de cópula en la Moscamed bajo anoxia inducida	40

INDICE DE CUADROS

		Pag.
cuadro 1	Ejemplo de cálculo de Índice de Apareamiento	26
cuadro 2	ANDEVA para el porcentaje de emergencia	33
cuadro 3	ANDEVA para habilidad de vuelo	35
cuadro 4	ANDEVA para el índice de cópula	36
cuadro 5	Prueba de Duncan para el Índice de Cópula	37

LA ANOXIA INDUCIDA COMO PASO PREVIO A LA IRRADIACION
EN PUPAS DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata)
Wied. Y SU EFECTO SOBRE LA EMERGENCIA, HABILIDAD DE VUELO
Y PROPENSIDAD DE COPULA, DE LOS ADULTOS ESTERILES

THE INDUCED ANOXIA AS A PREVIOUS STEP PRIOR TO THE IRRADIATION ON
THE PUPAS OF THE MEDITERRANEAN FLIES (Ceratitis capitata) Wied.
AND ITS EFFECT ON THE EMERGENCE, ABILITY TO FLY, AND PROPENSITY
TO COPULATE BY STERILE ADULTS.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la planta de producción de mosca del Mediterráneo ubicada en San Miguel Petapa Guatemala, laboratorio donde se produce la mosca estéril que va a ser liberada en el campo para competir con la mosca silvestre al momento de la cópula como de la técnica del insecto estéril (TIE) utilizada por el programa MOSCAMED para combatir esta plaga.

El mismo consistió en evaluar 7 diferentes tiempos de Anoxia inducida previo al irradiación en Pupas de la Moscamed, para luego someter los adultos producto de estos tratamientos a pruebas de emergencia, habilidad de vuelo y porcentaje de cópula.

El objetivo del mismo fue estudiar la capacidad de cópula de mosca estéril del mediterráneo producida en la planta de San Miguel Petapa, sometida a diferentes niveles de anoxia inducida y su comparación con la mosca fértil producida en laboratorio.

Se realizaron análisis de varianza así como de correlación simple tomando como variable dependiente al porcentaje de cada

variable evaluada y variable independiente al tiempo de anoxia inducida, de los resultados obtenidos se determinó que existe alguna relación entre el porcentaje de habilidad de vuelo de la mosca del mediterráneo y el porcentaje de cópula de la misma, así como también se determinó que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados y que el tratamiento de 2.25 horas de anoxia inducida para fines de este trabajo, presenta los mejores resultados al efecto de anoxia inducida previo a la irradiación en las pupas de la mosca del mediterráneo reducida en laboratorio.

1. INTRODUCCION

Los frutales de importancia económica en Guatemala frecuentemente son atacados significativamente por insectos que causan el engusanamiento de sus frutos denominados por esta razón moscas de la fruta (15).

Dentro de la fruticultura y horticultura, la mosca del mediterraneo (Ceratitis capitata Wied.) ha causado grandes daños siendo considerada una de las plagas más importantes en esta región. Por ello han sido implantadas, en muchos países a partir de su detección en Latinoamérica, medidas cuarentenarias como el programa MOSCAMED, creado con fines de planificar y realizar las estrategias para la erradicación de la Mosca del Mediterráneo (16).

El programa MOSCAMED utiliza la técnica del insecto estéril (TIE) o control autocida como un componente más dentro de una serie de prácticas que efectúan para el control de la mosca de la fruta. Con la liberación de insectos estériles en grandes cantidades se busca la competencia de machos y hembras criados en el laboratorio con sus similares silvestres, para reducir la posibilidad de cópula de estos, bajando de esta forma la reproducción y como consecuencia la presencia de la plaga en el campo (11).

En Guatemala, no se ha efectuado un estudio acerca de la capacidad de cópula de la Moscamed producida en laboratorio bajo efecto de anoxia inducida, entendiéndose como tal al estado que presenta un organismo viviente sometido a un régimen respiratorio deficitario (también se utiliza el término hipoxia). El presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar el efecto de la anoxia inducida a 7 diferentes niveles, sobre la capacidad de cópula de la mosca del mediterráneo criada en la planta de producción de San Miguel Petapa y su comparación con la mosca fértil no irradiada.

2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El control de la mosca del mediterráneo (C. capitata Wied.) comprende como parte del manejo integrado de plagas, la liberación de moscas estériles producidas en laboratorio, las cuales tienen que competir con las moscas silvestres para la cópula. En Guatemala, se esteriliza la mosca sobre el decimo día de desarrollo de la pupa bajo efecto de anoxia inducida por un periodo de dos horas para someterla a irradiación con rayos Gamma y no afectar el comportamiento sexual del adulto al momento de la cópula debido a la disminución de la actividad metabólica causada por este efecto, sin embargo no existía ningún estudio que sirviera de base a la práctica mencionada anteriormente.

El presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar diferentes tiempos de exposición de pupas de la mosca del Mediterráneo al efecto de anoxia inducida y su efecto al momento de la cópula comparada con la mosca no irradiada. Finalmente se pretende generar apoyo técnico - científico a personas e instituciones encargados del control y erradicación de la mosca del Mediterráneo con miras a mejorar el desarrollo frutícola nacional.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. GENERALIDADES

La denominada mosca del mediterráneo (Ceratitis capitata Wied.) es considerada como una de las plagas más perjudiciales. El peligro más grande estriba en que no tiene hospedero principal, sino puede causar fuertes pérdidas en varias frutas y hortalizas, dependiendo de la ecología del lugar (6).

Su origen se ha establecido en el Africa Occidental, pero se le dió ese nombre por habersele encontrado haciendo daño en la cuenca del mediterráneo. En la actualidad se encuentra en Europa, Oceania, Sur y Centro América así como Hawaii (7).

Este insecto tiene una gran facilidad de adaptación y soporta condiciones climáticas sumamente variables, que por lo general no resisten otras especies de moscas de la fruta, de aquí el porque países no infestados tratan por todos los medios de impedir que se introduzca y establezca en su territorio (6).

Su capacidad destructiva es enorme, se reporta que en algunos casos causa hasta el 80% de pérdidas (16). En 1929 se introdujo por primera vez en los Estados Unidos y la erradicación ocasiona grandes gastos y esfuerzos. A la fecha, los gastos estatales y erradicación en cada introducción en este territorio totalizan unos 500 millones de dolares Americanos (16). En 1955 la Moscamed se estableció en Costa Rica y en 1977 ya se había diseminado por Centro América y el Sur de México. En ese año los gobiernos de Estados Unidos de América, México y Guatemala iniciaron un programa de cooperación conocido como MOSCAMED, cuyos objetivos son

erradicar la plaga en México y Guatemala y detener su avance hacia las zonas norte de esos países (7).

3.1.2. BIOLOGIA Y HABITOS

La mosca del mediterráneo puede ser introducida con mayor facilidad en las áreas urbanas o sub-urbanas de los principales centros de población a lo largo de las carreteras y los principales focos de infestación con mayor frecuencia lo constituyen los llamados huertos familiares en los traspatios de las casas.

Los portadores son generalmente personas que traen consigo frutas procedentes de zonas infestadas. Puede ser introducida en cualquiera de sus cuatro estados biológicos como huevecillos y larvas dentro de frutas comerciales, y son llevadas inconscientemente por algunos viajeros.

En estado de pupa en la tierra que cubre las raíces de plantas de vivero o en envases o bolsas portadoras de frutas en estado adulto en los vehículos de transporte o ayudada por el viento, en esta forma puede recorrer grandes distancias (15).

La Mosca med pertenece a la familia Tephritidae de las moscas de la fruta, éste grupo está compuesto por unas 400 especies distribuidas en los países tropicales, sub-tropicales y templadas del mundo (10). Sus larvas se alimentan dentro de la fruta y ocasionan su caída por eso representa una de las más graves plagas agrícolas (5). En nuestro medio la mosca med en un promedio de 28 días cubre los cuatro estados biológicos (8).

La hembra deposita sus huevos dentro de la fruta bajo la cáscara, cuando esta madura dependiendo de la temperatura del medio ambiente, la incubación puede tardar de 2 a 30 días (8). Al eclosionar el huevecillo, la larva resultante excava hacia el interior de la fruta hospedante, hace galerías en todas direcciones en busca de alimento, actividad que produce la descomposición de la fruta y provoca más tarde su caída del árbol. El desarrollo larvario se completa en 6 - 11 días, abandona posteriormente la fruta para pasar al suelo donde se entierra a una profundidad de 1 - 3 cm. y se transforma en pupa. En el suelo la larva pierde su movilidad forma una cápsula generalmente de color café que se conoce como pupa. En el estado de pupa puede permanecer de 9 días a varios meses, según la temperatura del medio, posteriormente emerge una mosca adulta. De acuerdo con las condiciones ecológicas, la mosca en estado adulto puede vivir varios meses pero normalmente su período de vida es de 1 a 2 meses en climas cálidos, pero puede alcanzar hasta 10 meses en climas templados o fríos. La madurez sexual de los adultos se alcanza a los 4 - 5 días de edad y se aparean los sexos en función reproductiva (8).

3.1.3.1. CONDUCTA DE APAREAMIENTO

Uno de los logros más fuertes de la ecología de conducta, ha sido el de relacionar la ecología de una especie con su sistema de cópula.

Prokopy y Burk citados por Calkins (16). Hicieron esta conexión para los Tephritidos, los polífagos, especies tropicales como las moscas del Mediterráneo, tienen hospederos que están

distribuidos al azar en forma parchada. Los machos son incapaces de adoptar la estrategia de defender una fruta hospedera y permutar el acceso de una hembra a ella por una cópula. El sistema esta por lo tanto caracterizado por una elección de pareja más libre por parte de la hembra, de los machos en "leks" (grupos de machos con despliegue sexual) en la vegetación de las plantas hospederas. Manteniéndose con esta elección por parte de las hembras, el sistema de compañeros en leks, los machos de la Moscamed producen una compleja variedad de señales sexuales (16).

La primera cosa que el macho de la Moscamed sexualmente maduro debe hacer (no importando si es silvestre o liberado) es encontrar una area de apareamiento. Una forma de hacer esto es localizar fruta recién sazónada, un comportamiento que cuenta para la captura ocasional de machos en trampas de color ideadas para simular características visualmente atractivas de la fruta o quizá una estrategia más fácil para la mayoría de los machos es ir a las áreas donde otros machos ya están agregándose y desplegándose, en respuesta a las señales atrayentes de hembras, que esstán siendo producidas por estos machos (16).

Todos los machos tienen que localizar un lek cada día mientras una hembra solo responderá una vez o pocas veces en su vida (16).

3.1.3.2. PROGRAMA DE ERRADICACION EN GUATEMALA

Las actividades del programa moscamed han estado encaminadas hacia la erradicación de la Moscamed en Guatemala, dentro de las acciones de detección se puede mencionar el trapeo y muestreo de la fruta, para detectar presencia de mosca y proceder a su control (10).

En referencia al control, se ha utilizado el control químico el cual se lleva a cabo efectuando aspersiones aéreas y terrestres de cebo tóxico formado por malathion y proteína hidrolizada, el control mecánico, que consiste en coleccionar fruta dañada y enterrarla, el control legal, que consiste en cuarentenas situadas en aeropuertos, puertos marítimos y carreteras.

Para complementar el control autocida que ha tenido bastante éxito en nuestro medio (8). El control autocida o sistema de liberación de insectos estériles fué aceptado como método práctico en lucha contra plagas en la década de 1950 con la erradicación del gusano barrenador Cochliomya hominivorax (Coquerel) de la isla de Curacao. A partir de ese éxito se realizaron estudios con otras especies, siendo los ensayos relacionados con las moscas tephritidae los más variables (8).

En Guatemala, la técnica del insecto estéril TIE se inició a finales de 1977. En esta época se efectuaron liberaciones de especímenes estériles por vía terrestre (8). En 1978 se inició la liberación aérea, para lo cual fue necesario construir un laboratorio para la recepción y emergencia de la moscamed proveniente de los centros de producción ubicados en Costa Rica y

Austria. Así como contratar aviones y adquirir el equipo para la liberación (8). En la actualidad Guatemala cuenta con un laboratorio de cría masiva de mosca estéril, el cual está ubicado en San Miguel Petapa, Guatemala, Guatemala, en la planta de San Miguel Petapa se produce un promedio semanal de 150 millones de pupa de mosca estéril los cuales se liberan vía aérea o terrestre en la barrera biológica establecidas en la costa suroccidental del país, Norte, Noroccidente y Nororiente (11).

3.1.4 PRODUCCION DE MOSCA ESTERIL EN GUATEMALA

La planta de cría y esterilización de Moscamed en Guatemala, esta localizada en San Miguel Petapa Guatemala, fué fundada en agosto de 1984 y fué diseñada para producir 100 millones de moscas estériles por semana bajo el sistema de tombolas o Nadel (12).

Los sistemas de cría Nadel y Popping tiene similares procedimientos para la producción de Moscamed, difiriendo únicamente en lo que respecta a la separación de la larva antes de su maduración. Las etapas por las que pasa la Moscamed dentro de los sistemas para su cría masiva se llevan a cabo en 13 diferentes salas de la planta distribuidas de la siguiente manera: a) sala de reproductores b) sala de burbujeo, c) sala de recepción, d) siembra de dietas, e) sala de iniciación larval, f) sala de maduración larval I, g) sala de maduración larval II, h) sala de maduración larval III, i) cuarto oscuro, j) maduración de pupas, k) sala de colecta natural (sistema Hawaii) y sala de colecta mecánica (sistema Nadel), l) sala de pintado e irradiación, m) sección de control de calidad, (12).

3.1.4.1 SALA DE REPRODUCTORES

En la sala de reproductores se encuentra la colonia de insectos adultos fértiles que proporcionan los huevecillos necesarios para mantener la producción a los niveles requeridos. Esta colonia consta de 20 jaulas de aluminio y tela, con una capacidad para medio millón de moscas cada una. En cada jaula se colocan 500 mil pupas de nueve días de edad, que al momento de llegar a adultos y reproducirse ovipositan sobre una tela que cubre la jaula, los huevecillos son removidos de la tela por la parte exterior y recolectados en canales ubicados en la parte inferior de la jaula y después de la colecta son trasladados a la sala de burbujeo, previa desinfección (12).

3.1.4.2 SALA DE BURBUJEO

Después de ser colectados y desinfectados los huevecillos, se colocan en botellones de 5 litros de capacidad, en cada botellon de burbujéo se coloca una porción de huevecillo-agua desinfectante de 1:21 respectivamente (1 ml de agua contiene aproximadamente 27,000 huevesillos en suspensión). Es esta área permanecen los huevecillos por un período de 48 horas (12).

3.1.4.3 SALA DE RECEPCION Y SIEMBRA DE DIETAS

De la sala de burbujéo el huevecillo pasa a esta sala en esta se recibe la dieta que servirá para la alimentación de las larvas que eclosionan de los huevecillos sembrados en ella. La dieta que se brinda a las larvas está compuesta de las siguiente forma (19)

Bagazo de caña (9.9% en peso), azúcar (16.7 % en peso),

benzoato de sodio (0.5% en peso) ácido cítrico (0.5 % en peso)
y agua 52.6%.

La utilización de diferentes sustratos de bagazo (caña o remolacha) se debe a su disponibilidad en los lugares de producción de Moscamed. El bagazo de caña mezclado con la dieta absorbe el agua provee una distribución de nutrientes y sirve como un sustrato alimenticio para las larvas (2). La función del sustrato en la dieta larvaria de la moscamed, es la de proporcionarle el ambiente adecuado para el desarrollo así como aireación dentro del medio, buena absorción de nutrientes y humedad, adecuada consistencia de la mezcla de ingredientes, temperatura dentro del medio no muy alta (2). La levadura de torula por parte constituye la fuente proteínica del medio, el afrecho de trigo provee fibra cruda y ácidos grasos, el azúcar es una fuente alta de carbohidratos y el benzoato de sodio como preservante e inhibidor de microorganismos en la dieta. Por último el ácido cítrico se utiliza como regulador de pH del medio, el agua, por su parte es el solvente en el que se encuentran disueltos los demás componentes de la dieta (2).

Ya que se han recibido los huevecillos de la sala de burbujéo y se tiene preparada la dieta, se procede a la siembra de estos. La siembra se lleva a cabo por medio de un dosificador "Filamatic" colocando la solución huevecillo-agua sobre una capa de 5 kg. de dieta fresca. La solución que se utiliza para la siembra se calcula de la siguiente forma.

$$\text{solución} = \frac{100 \times \text{cant. de huev. en ml. disponible} \times 27.000}{\text{densidad de siembra}}$$

densidad de siembra

$$27.000 = \text{número de huevecillos en 1 ml. de agua.}$$

Las densidades de siembra que se utilizan frecuentemente en la planta de San Miguel petapa son de 85.000 huevecillos por charola de dieta de 5 kg. lo que equivale a 17 huevecillos por gramo de dieta rindiendo un peso de pupa promedio de 7 mg (12).

La densidad mencionada ha sido establecida en base a varias pruebas realizadas en la planta en las que se determinó que a mayor densidad de siembra mayor número de huevecillos y menor peso de pupa, y su relación directa con la afección a propiedades del insecto adulto como fecundidad y supervivencia.

3.1.4.4 AREA DE INICIACION LARVAL

Las charolas sembradas se trasladan a esta área en la cual permanecen durante 48 horas bajo condiciones ambientales de 29 °C y 95 - 100 % de humedad relativa (12).

3.1.4.5 AREA DE MADURACION LARVAL

En el sistema Hawaii son tres áreas en donde el insecto madura gradualmente para no exponerlo a cambios ambientales bruscos en el área I las larvas permanecen por un período de 12 horas a 24 °C y de 70 a 80 % de humedad relativa. En el área II el material permanece durante 36 horas a 22 °C y de 70 a 80 % de humedad relativa el tiempo de permanencia en el área III es de aproximadamente 36 horas, dependiendo de cuanto la larva alcance su madurez fisiológica, después es trasladada a la sala de colecta

En el sistema Popping la maduración pupal se dá en el área de colecta donde las larvas maduras saltan en forma natural desde charolas (ubicadas en anaqueles) hacia un recipiente de madera con aserrin en donde empupan. Después de ser colectadas, las pupas pasan a un cuarto oscuro por un periodo de 48 horas hasta completar su pupación, luego son separadas del aserrin por medio de una máquina y finalmente se trasladan al cuarto de maduración de pupas donde estas son colocadas en cribas de aluminio, éstas últimas a su vez en anaqueles identificados con números correlativos de la fecha de siembra y de colecta, aquí permanecen durante 8 días antes de ser irradiadas (12).

Del material que se dirige a el área de irradiación se selecciona una parte de pupa de buena calidad (en base a su tamaño) que se utilizará en el área de reproductores é iniciar de nuevo el proceso y otra parte el área de control de calidad.

3.1.4.6 SALA DE PINTADO E IRRADIACION

En esta sala se lleva a cabo el proceso de esterilización del material biológico que seá liberado posteriormente en el campo. Las pupas que se encuentran en el cuarto oscuro son seleccionadas por personal de la sección de irradiación de acuerdo a la edad que tienen según su identificación, esto es, cuando hayan acumulado de 210 a 240 horas de pupación (12). Se selecciona el material a ser irradiado en base a la coloración de los ojos de las pupas, basado en una escala creada por Ruhm y Calkins que indica la edad mas adecuada para que la pupa pueda ser irradiada normalmente 48 horas antes de la emergencia (14).

Además, se escoge una muestra al azar que se envía a la sección de control de calidad (12). Ya que se ha seleccionado el material a ser irradiado, éste se pesa y luego se colora. Seguidamente, con fines de envasado, la pupa se deposita en bolsas plásticas. Al envasarse la pupa se provoca el fenómeno llamado ANOXIA (carencia total de oxígeno), al cerrarse los envases. La mayoría de insectos están muy bien adaptados a la vida aerobia, también son capaces de sobrevivir bastante tiempo en ausencia de oxígeno, pero las formas aerobias se inmovilizan rápidamente al faltar el oxígeno y en este estado (en el ciclo biológico en estado de pupa y/o huevecillo) pueden sobrevivir durante varias horas en una situación que sería fatal para los mamíferos en su mayoría, en unos cuantos minutos. Probablemente se puede explicar esta resistencia de los insectos debido a la sensibilidad relativamente baja de sus sistema nervioso a los efectos nocivos de los metabolitos que se acumulan en la producción energética anaerobia (4). Esto último se lleva a cabo con el fin de disminuir el daño a la pupa en órganos somáticos, al disminuirse al mínimo las actividades metabólicas del insecto al cerrar la bolsa (12). Cada bolsa debe ir numerada en forma correlativa, las bolsas se depositarán en cilindros calados de acero inoxidable y luego se procede a introducir las al irradiador (13), que induce completa esterilidad. La esterilidad heredada aún no ha sido estudiada lo suficiente y en moscas de la fruta se desconoce el riesgo que podría representar la liberación de moscas parcialmente estériles (5).

Después de ser irradiado cada cilindro se le incorpora la información proporcionada por la sección de control de calidad, para fines de envío (12).

3.1.4.7 AREA DE CONTROL DE CALIDAD

Esta área tiene como objetivo evaluar la calidad de los insectos resultantes del proceso de producción (12). Las pruebas que se realizan en esta área se basan en procedimientos desarrollados en el departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA) como en trabajos realizados por los laboratorios de producción de mosca del mediterráneo, localizados en México, Guatemala, Hawaii y Viena Austria (6).

3.1.4.7.1 COMPONENTES DEL SISTEMA

- a. Calibración del tamaño de pupa
- b. Pruebas de habilidad de vuelo y prueba multicomponente que incluye mortalidad pupal, clasificaciones de emergencia y capacidad del adulto para ejecutar un funcionamiento de vuelo definido.
- c. Prueba de alarma que mide la irritabilidad y reacción de hembras vírgenes.
- d. La prueba de propensidad al apareamiento.

Dentro de estas pruebas, se tomarán en cuenta para este estudio: Emergencia, Habilidad de vuelo y propensidad a la cópula.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la planta de producción y esterilización de mosca del Mediterráneo, situada en San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala la cual está ubicada a 14 30' 06'' latitud Norte y a 90 33' 37'' Longitud Oeste a una elevación de 1,285 msnm y una precipitación promedio anual de 987.5 mm. sin registro de temperatura (9).

3.2.2 MATERIALES

- Pupa irradiada con rayos Gamma proveniente de la planta de producción de San Miguel Pepa, Guatemala.
- Pupa no irradiada proveniente de la planta de producción de San Miguel Petapa, Guatemala.
- Jaulas de plexiglass de 0.40 X 0.30 X 0.30 mm.
- Proteína hidrolizada y agua.
- Vasos parafinados de medio litro de capacidad.
- Vasos plásticos de 250 ml.
- Tubos de acrílico de 0.20 X 0.9 cm.
- mallas, algodón y hules.

3.2.3 EQUIPO

- Máquina separadora o clasificadora de Pupas.
- Contador manual.
- Computadora.

3.3 ANTECEDENTES

De los trabajos realizados en mosca del mediterráneo acerca del comportamiento sexual, se cita un ensayo realizado en el laboratorio de cría en California - Hawaii, Honolulu, donde se hicieron pruebas para conocer la importancia del tamaño de la Mosca med en el apareamiento (8). Los tamaños evaluados fueron 4, 6, 7, 8, y 9 mg. Las variables respuestas estudiadas fueron porcentaje de emergencia, habilidad de vuelo y porcentaje a índice de cópula. Las pruebas de cópula se llevaron a cabo a los siete días después de la emergencia, utilizando el procedimiento de control de calidad RAPID, Roller (1977). Tanto los machos como las hembras mostraron un patrón similar de porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo, conforme el tamaño se incrementó de 4 a 9 mg. La mortalidad de las moscas fue afectada por el tamaño de las pupas y hubo relación inversamente proporcional entre los tamaños de pupa y los porcentajes por día.

El porcentaje de apareamiento fue mas bajo cuando las hembras fueron más grandes que los machos. Cuando los machos fueron más grandes que las hembras, el porcentaje de apareamientos fue mayor en comparación a lo observado entre moscas de igual tamaño, aunque no mucho, el porcentaje de apareamiento para machos de 8 y 9 mg. fué significativamente más alto que para machos de 4 mg. sin embargo, para las hembras no hubo diferencia significativa en cuanto al tamaño, el índice de apareamiento para machos se incremento hasta los pesos de 6 - 9 mg, pero las diferencias no fueron significativas. Las hembras no tuvieron ningún patron

particular y no difirieron apreciablemente de los machos para ninguno de los tamaños (3). La duración del apareamiento fué significativamente más larga para machos y hembras de los tamaños de 8 y 9 que para los individuos de 4 mg.

Churchill et. al. concluyen su investigación que al incrementarse el tamaño de pupa, se aumentó los porcentajes de habilidad de vuelo y de cópula.

En Guatemala, Alvarez C. Oscar E. (1). Efectuó un trabajo similar donde evaluó principalmente las parejas que se forman de la combinación de 3 pesos de pupa y distintos sexos con pesos de machos de 5, 6, 7 y 8 mg y para hembras igual denominación y se evaluó el factor índice de cópula (1). Se determinó que existe alta correlación entre el diámetro (tamaño) de la pupa y su peso indicando de esta forma que el peso de la pupa puede ser indicado por el diámetro de la misma (1). El porcentaje de emergencia no fué influenciado para ninguno de los tratamientos evaluados así como tampoco mostró diferencias significativas el porcentaje de habilidad de vuelo. Para la prueba de propensidad a la cópula sí se encontraron diferencias altamente significativas, con un mayor índice de apareamiento para los de pesos de pupas de 7 - 8 mg. para los dos sexos.

Alvarez concluye su trabajo indicando que existe una tendencia similar para los valores obtenidos de propensidad a la cópula en pruebas de campo y laboratorio y por último indica que el índice de apareamiento es similar para machos y hembras dentro del mismo peso manteniendo la relación en cuanto a más peso mayor copulación.

4. HIPOTESIS

La anoxia inducida en pupas de mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.) previo a ser irradiada, afecta la emergencia, habilidad de vuelo y propensidad de cópula de los adultos estériles y el efecto depende del tiempo que dure la anoxia.

5. OBJETIVO

Estudiar la emergencia, habilidad de vuelo y capacidad de cópula de la mosca estéril del mediterráneo producida en la planta de San Miguel Petapa Guatemala, bajo siete niveles diferentes de anoxia inducida y su comparación con la mosca fértil producida en laboratorio.

6. METODOLOGIA

6.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado para realizar el experimento fué un diseño de bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, y el factor a evaluar fue la anoxia inducida la unidad experimental que se utilizó se describe a continuación : 25 individuos de cada sexo introducidos en una jaula de plexiglass de 0.40 X 0.30 X 0.30 m .

y el modelo estadístico se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta.

M = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

B_j = Efecto del j-esimo bloque

E_{ij} = error experimental.

6.2 TRATAMIENTOS A EVALUAR Y SU DESCRIPCION

TRATAMIENTO	TIEMPO DE ANOXIA INDUCIDA	
	horas	minutos
A	0.67	40
B	1.00	60
C	1.50	90
D	2.25	135
E	3.37	203
F	0.00	Testigo (fertil)
G	0.00	Testigo (esteril)

La metodología utilizada se basó principalmente en el manual de procedimientos de control de calidad utilizado por la planta de producción de San Miguel Petapa Guatemala (6). (13). lo cual constara de dos etapas que son: a) Prueba de habilidad de vuelo y b) pruebas de propensidad a la cópula. Las pruebas de porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo así como la propensidad a la cópula se realizó con pupas provenientes del mismo número de lote, utilizando lotes diferentes en cada repetición del experimento.

6.3 SELECCION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

El procedimiento utilizado se detalla a continuación: se colectaron 2 Kg de pupa de 48 horas antes de la emergencia en la sección de irradiación; antes de ser esterilizada, luego fue llevada a la maquina clasificadora y de aqui se selecciono el material para la investigación. Despues de la selección de la pupa, se traslado a la sala de irradiación para poner en practica los tratamientos citados anteriormente.

6.4 PRUEBA DE PORCENTAJE DE EMERGENCIA Y HABILIDAD DE VUELO

Se tomaron 400 pupas por tratamiento y repetición y luego se procedio a realizar las pruebas de porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo (estos parámetros se evalúan simultáneamente) de la siguiente manera: dentro de una jaula de plexiglass de 0.40 X 0.30 X 0.30 m se colocan 4 cajas de petri con 100 pupas cada una, de 7 dias de edad. (48 horas antes de la emergencia). Sobre cada caja de petri, se coloca un tubo negro de plexiglass de 0.10 X

0.09m con diámetro de 90 mm, una vez que emergen las moscas, esta vuelan a través del tubo, luego se procede a calcular los porcentajes hasta que todas las moscas emergen o que hayan escapado o muerto (2 a 3 días). Una vez completa la prueba, se utiliza un formulario para registrar los datos necesarios del material dejado en la caja. Para calcular los porcentajes de emergencia y habilidad de vuelo se utiliza la siguiente formula:

$$\% \text{ de } K = 100 - (\text{pupas no emergidas} + \text{adulto parcialmente emergido})$$

$$\% \text{ de } V = \% \text{ de } K - (\text{Adulto deforme} + \text{adulto no volador})$$

Las jaulas deben ser colocadas en un cuarto mantenido a 25 grados C. y una humedad relativa del 60% la intensidad de luz debe promediar a 1,500 lux con iluminación por 14 horas y un periodo de oscuridad de 10 horas (6).

6.5 PRUEBA DE PROPENSIDAD A LA COPULA

Entre las pruebas de cópula que se utilizan para medir el comportamiento sexual de la mosca de la fruta están: competitividad sexual, frecuencia de apareamiento y propensidad a la cópula (velocidad) (5). La prueba de competitividad sexual se ha usado para medir vigor o competitividad, al mezclar moscas criadas en laboratorio con moscas no estériles. La prueba de frecuencia de apareamiento consiste en medir el número de

apareamientos realizados por una mosca individual durante un periodo de tiempo definido (5). Por último la prueba de propensidad a la copula (velocidad) mide la actividad de apareamiento de parejas individuales, en relación al lapso entre encontrarse sexualmente las parejas y la iniciación del apareamiento (11). Esta última prueba es la que realiza el laboratorio de control de calidad en Guatemala, y se efectúa en la siguiente forma: Se colectan 5,000 pupas para cada repetición del experimento justo antes que se lleve a cabo la irradiación en el sitio de producción e inmediatamente después de recibo en el sitio de la liberación (6).

Las pupas son colocadas en jaulas de plexiglass de 0.30 X 0.30 X 0.40 las cuales tienen un agujero en la parte superior de 0.20 m de diámetro cubierto con malla y otro agujero en la parte frontal con un diámetro de 0.15 m cubierto con mallas de nylon fino, las jaulas contienen comida y agua, los machos y las hembras son separados después de 8 horas de haber emergido y son mantenidos así en compartimientos apropiadamente etiquetados. Cada compartimiento individual debe tener 25 machos o hembras (6). Deben prepararse un total de 5 compartimientos por sexo y por tratamiento esto permitirá tener una caja extra ya que la prueba consiste en cuatro replicas. Cualquier compartimiento de hembras que se compruebe posteriormente que contiene uno o mas machos debe ser desechada. Los compartimientos de los machos deben ser inspeccionados periódicamente y cualquier hembra o pareja de apareamiento debe ser removida. Los sexos deben mantenerse separados por 6 días, ya que

la edad mas propicia para que estos copulen es de 7 días (6). Las moscas en su compartimento son mantenidas en cuartos con las siguientes condiciones: temperatura 25 grados centigrados, 60% de humedad relativa y fotoperiodo de 14 horas y alrededor de 1,500 lux y 10 horas de oscuridad completa (6).

La prueba se deberá iniciar el séptimo día de edad de los adultos en las primeras horas de la mañana y debe efectuarse inmediatamente después de 10 horas de oscuridad.

Se transfieren 25 machos a una jaula de plexiglass durante un periodo de 5 minutos en luz, y posteriormente a este periodo se transfieren las 25 hembras a la misma jaula (6).

La jaula preparada es entonces expuesta a la luz total y las moscas deben estar listas para aparearse. La prueba debe realizarse bajo las mismas condiciones climatologicas y de luz a las que han sido mantenidas las moscas (6). Una vez que las jaulas han sido preparadas, se acciona un contador de tiempo y las parejas son removidas según se aparean, en intervalos de 10 minutos. Se debe mantener un registro de las parejas que copulan. Según Farias (1971) el tiempo mínimo para que haya transferencia de espermas en una pareja de individuos de *Moscamed*, es de 4 minutos, de acuerdo a un ensayo realizado por él con *Moscamed*; dónde también determinó que a mayor tiempo de copula, mayor transferencia de esperma y mayor numero de huevos ovipositados (8). Ya que después de 60 minutos no hay formación de parejas; el numero de machos y hembras que no están obviamente deformados o lisiados en cada jaula deben ser contados. De la prueba de propensidad a la copula se obtiene información que puede expresarse como porcentaje de cópula por cada

periodo de 10 minutos, pero esta no se presta para ser analizada estadísticamente, por lo tanto los datos deben ser transformados a índice de apareamiento (I.A.) (6).

6.6 CALCULO DEL INDICE DE APAREAMIENTO

El cálculo de índice de apareamiento (cópula), se lleva cabo utilizando el formulario descrito en el cuadro 1 en donde se incluye un ejemplo.

La prueba se divide en 6 periodos de 10 minutos (columna A), conforme se van formando las parejas en la jaula, estas son removidas y registradas en la columna B, el número de parejas para cada periodo B se multiplica por el factor de peso D que es una constante que depende del periodo de tiempo y el producto se ingresa como el índice de valor E.

Al finalizar los 60 minutos las moscas que no copulan y que quedan en la jaula, se cuentan y el número de machos o hembras el que sea menor se registra como F. este número sumado al número de parejas acumulado C dará el número de parejas N que pudieron haber participado en la prueba (7).

Quando se tiene la información de la prueba de propensidad al apareamiento expresada en términos de índice de cópula es fácil de ser analizada estadísticamente, si el resultado de índice de cópula nos da = 100 significa que todas las parejas han copulado (6).

CUADRO 1

EJEMPLO CALCULO INDICE DE COPULA

A	B	C	D	E
tiempo	# de parejas	parejas acumuladas	peso	valor indice
0-10	7	7	100	700
10-20	8	15	50	400
20-30	5	20	33	165
30-40	2	22	25	50
40-50	1	23	20	20
50-60	0	23	15	0
				1335

$$F = 1$$

$$N = 24$$

$$I.A. = \frac{1,335}{24} = 55.6$$

$$t = 1.335$$

Por lo tanto, el índice de apareamiento en este ejemplo es de 55.66

6.7 PREPARACION DEL MATERIAL EXPERIEMNTAL

Las pupas seleccionadas para las pruebas de emergencia y habilidad de vuelo, se colocaron en una jaula de plexiglass del tamaño descrito anteriormente (una jaula para cada tratamiento y repetición), efectuando las lecturas de emergencia cuatro días después de su colocación, la cantidad de pupa restante se colocaron en una jaula de plexiglass con su previa identificación, cada jaula contenía alimento para adultos (proteína hidrolizada y azúcar en una relación de 3:1) (10), el cual se colocó sobre la malla de la jaula. Los adultos obtenidos de esta fase posteriormente se utilizaron para realizar las pruebas de cópula respectivas.

6.8 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

48 horas después de la irradiación se efectuó el sexado de las moscas, el cual consistió en extraer de cada jaula los machos y las hembras necesarios para la investigación de cópula y su colocación en vasos parafinados, identificando cada vaso con su tratamiento y repetición respectivo. se utilizaron 25 machos y 25 hembras en cada tratamiento y repetición; como se realizaron los siete tratamientos por día en que se realizó la prueba, se utilizó un total de 175 adultos de cada uno de los sexos.

Considerando que la prueba se realizara 7 días después del sexado, y que este es un periodo en que algunos individuos podrían morir, se contó con una reserva de material de cada uno de los tratamientos para usarla como reposición en caso de que se perdiera alguno de los individuos que se seleccionara inicialmente.

La cantidad de individuos sexados para cada tratamiento en cada día de prueba se describe a continuación :

175 individuos de cada sexo (25 por repetición) colocados en un vaso plástico (25 individuos de cada sexo por vaso) y se trato de mantener una previsión de 25 individuos de cada sexo por tratamiento (25 individuos por vaso).

Después de preparar el material para las pruebas de cópula, se colocaron los vasos en cuartos diferentes, uno para machos y otro para hembras, ambos cuartos contaran con las mismas condiciones ambientales: temperatura 26 grados centígrados y humedad relativa de 65 a 70 %, los individuos permanecieron aquí por un periodo de 7 días. Durante el periodo previo a la prueba de cópula se

inspeccionaron los vasos a diario con el objeto de observar que no haya ningun individuo ajeno a cada recipiente.

La prueba de cópula se inició aproximadamente a las 8 de la mañana, ya que las moscas empiezan su actividad diurna en las primeras horas de la mañana. Las pruebas en el laboratorio se efectuaron en la siguiente forma: se realizaron los siete tratamientos por día (una repetición por día que se efectuaba la prueba) utilizando 7 jaulas de plexiglass en cada una se introdujeron 25 machos permaneciendo así por un período de 15 minutos, pasado este tiempo se introdujeron 25 hembras en cada jaula, para luego iniciar a tomar el tiempo por medio de un contador, y las parejas en cópula que se formaron se extrajeron de la jaula a intervalos de 10 minutos para luego ser colocados dentro de tubos entomológicos de plástico de 15 ml. de capacidad, utilizando un tubo para cada pareja formada, los tubos de cada período se colocaron en recipientes identificados cada uno con la etiqueta que indicaba en que período de tiempo fueron extraídos así como de que jaula. Esta prueba tubo una duración aproximada de una hora.

El índice de apareamiento se cálculo al multiplicar el número de parejas registradas en cada intervalo de tiempo por un factor de peso (ver cuadro 1 pag. 27)

Después de multiplicar el número de parejas de cada intervalo por su factor de peso correspondiente, se efectuó la sumatoria de la columna resultante de esa multiplicación y el resultado menor de esta suma se dividió entre el número menor de individuos (parejas)

que formaron el tratamiento. posteriormente, se calcula el índice de apareamiento para cada tratamiento.

El cálculo de índice de apareamiento (I.A.) para cada tratamiento se calculo, multiplicando el número de parejas que se registren en cada tratamiento en cada intervalo de tiempo por su factor de peso y luego sumando los valores de esta multiplicación, el valor obtenido de esta suma se dividirá dentro del número más pequeño de individuos (parejas) que se halla formado, para obtener finalmente el I.A.

Con los datos de I.A. de los tratamientos se registró la información. las pruebas de propensidad a la cópula o apareamiento consistieron en 4 repeticiones por tratamiento o sea 24 unidades experimentales y debido a limitantes como espacio físico y personal calificado para la investigación, la misma no pudo ser efectuada simultáneamente, se efectuaron las pruebas en 4 días diferentes utilizando en cada día los 7 tratamientos por lo que se evaluaron 4 lotes diferentes. Un lote consiste en una cantidad de pupa producida en la planta en un día.

6.9 VARIABLES RESPUESTA

las variables de respuesta a evaluadas son: a) el porcentaje de emergencia, b) la habilidad de vuelo del adulto de *Moscamed* y c) el índice de apareamiento (propensidad a la cópula).

6.10 ANALISIS DE LA INFORMACION

Para las tres variables respuesta mencionadas anteriormente se efectuó Analisis de Varianza y para el caso especifico de el indice de cópula se realizo una prueba de Duncan no así para las las variables de emergencia y la habilidad de vuelo que no presentaron diferencias significativas, ademas se efectuó análisis de correlación lineal simple para las siguientes parejas de variables:

Tiempo de anoxia Vrs. Porcentaje de emergencia

Tiempo de anoxia Vrs. Habilidad de vuelo

Tiempo de anoxia Vrs. Indice de cópula

Habilidad de vuelo Vrs. Indice de cópula

Finalmente se elaboraron algunas gráficas para facilitar la interpretación de resultados.

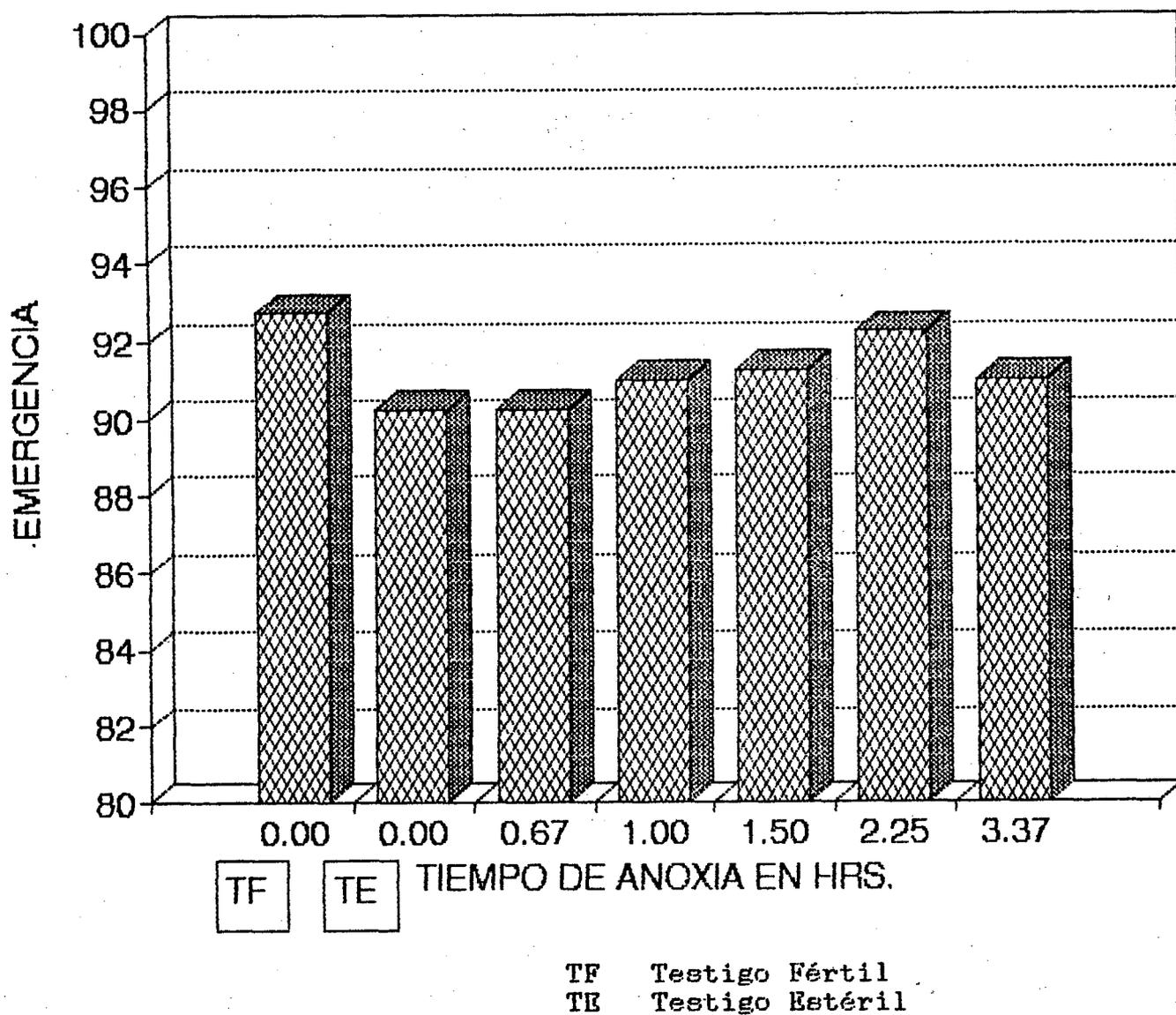


Figura 1 Porcentaje de emergencia obtenido con 7 tratamientos de anoxia inducida.

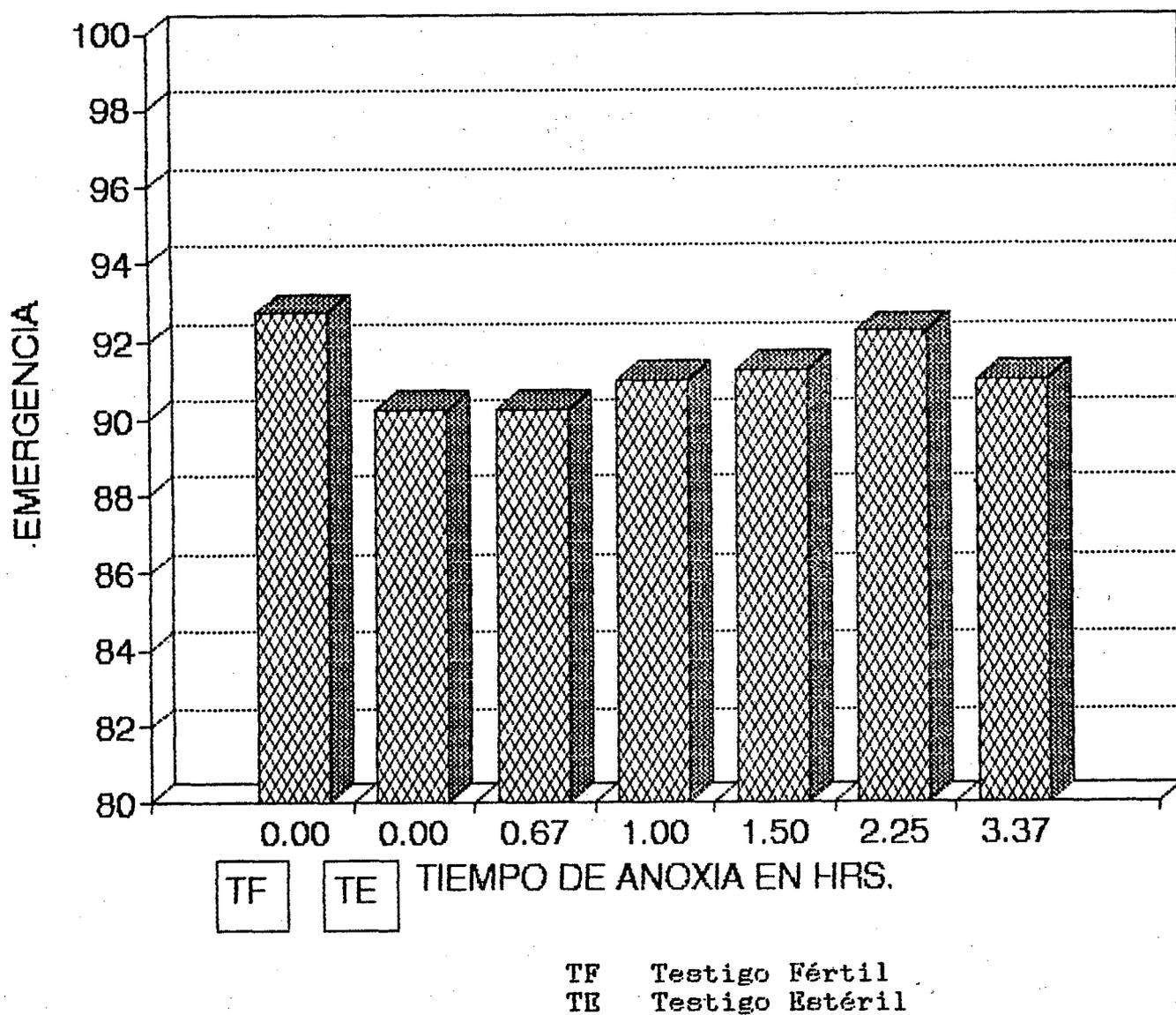


Figura 1 Porcentaje de emergencia obtenido con 7 tratamientos de anoxia inducida.

CUADRO 2
EVALUACION DE 7 TIEMPOS DE ANOXIA
ANDEVA PARA PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Variable	G.L	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada	Significancia
BLOQUE	3	184.339	---	---	
TRAT	6	9.343	1.56	0.63	0.7040
Error	18	44.441	2.47		
Total	27	238.125			

C.V. 1.73 %

7.2. PRUEBA DE PORCENTAJE DE HABILIDAD DE VUELO:

para esta prueba no hubo diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos evaluados (ver cuadro 3) expresando así que no hubo efecto de la anoxia inducida sobre la habilidad de vuelo del adulto de Moscamed, en la figura 2 se presentan los valores de las medias generales de esta variable, en la que se muestra un comportamiento muy similar al del inciso anterior, así se puede inferir que la mosca producida en el laboratorio bajo efecto de anoxia inducida tiene la misma capacidad para desplazarse que la mosca fértil también producida en laboratorio. De la misma manera se correlacionó esta variable con el tiempo de anoxia inducida y con un $r = 0.233$ se indica que tampoco hay relación entre estas dos variables.

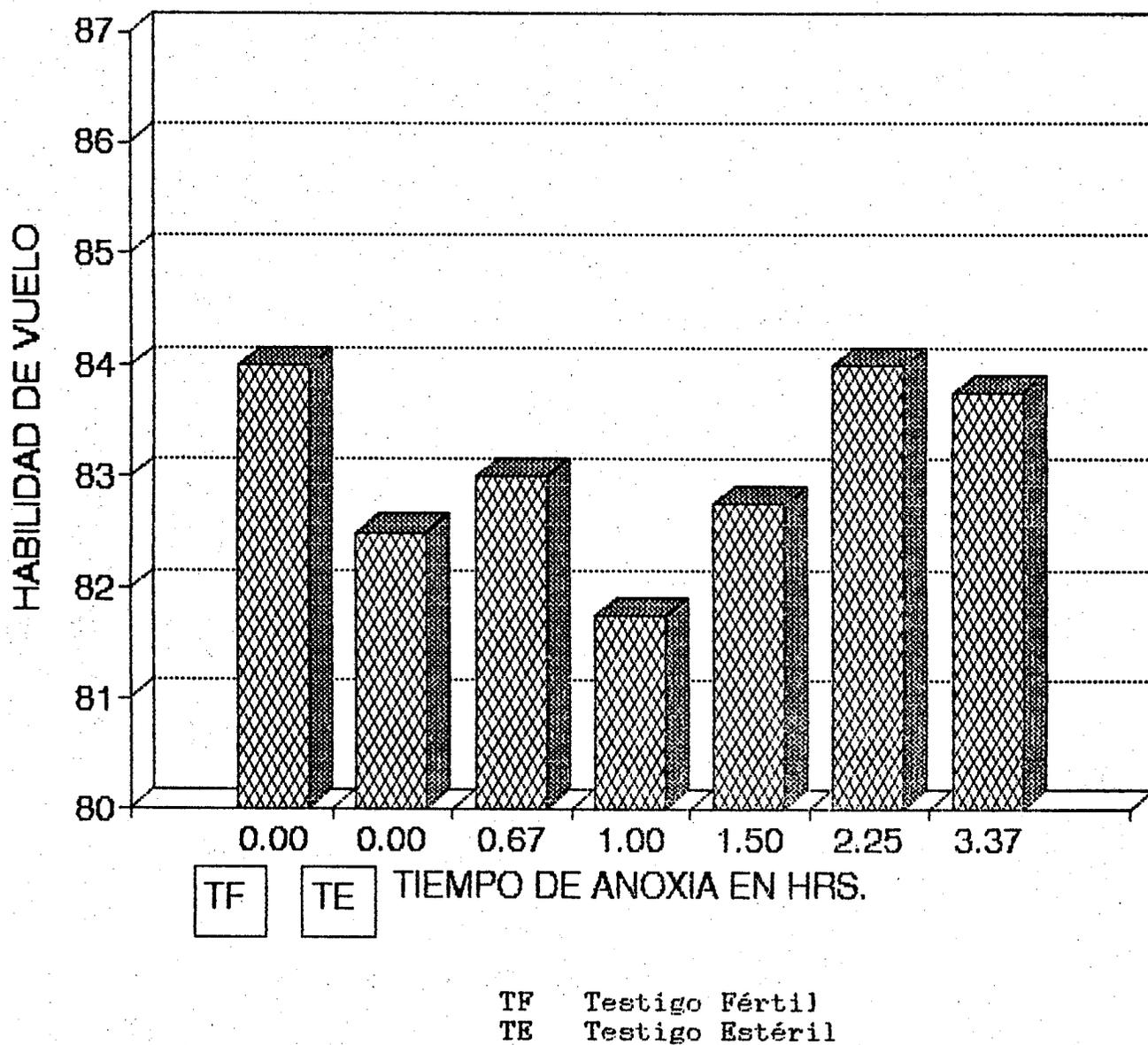


Figura 2 Porcentaje de habilidad de vuelo obtenido con 7 tratamientos de anoxia inducida

CUADRO 3
EVALUACION DE 7 TIEMPOS DE ANOXIA
ANDEVA PARA HABILIDAD DE VUELO

Variable	G.L	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Significancia
BLOQUE	3	400.578	---	---	
TRAT	6	16.763	2.79	0.64	0.6973
Error	18	78.593	4.37		
Total	27	495.935			

C.V 2.51 %

7.4. PRUEBA DE PROPENSIDAD A LA COPULA:

Para esta variable los resultados se presentan en el cuadro 4 y el Análisis de Varianza mostro diferencias significativas entre los tratamientos, debido a esto se procedió a realizar la prueba de medias de Duncan y los resultados se presentan en el cuadro 5, de acuerdo a este los tratamientos de 0.00, 2.25, 1.50, 0.67, y 3.37 horas de anoxia inducida son estadísticamente iguales entre sí, lo que significa que para este experimento los tiempos de anoxia inducida mencionados. Presentan la misma propensidad a la cópula del adulto de Mosamed. Se observa también que los últimos tratamientos con 1 hora y el testigo estéril con (0.00hrs) de anoxia inducida son diferentes a los restantes 5 presentando los índices de cópula más bajos.

Para fines de este estudio y no con criterio estadístico, se considera importante tomar en cuenta el tratamiento con anoxia que tiene el mayor índice de cópula que es: el 4 con 2.25 Hrs. de anoxia inducida, por el motivo que con este tratamiento se obtuvo

machos más competitivos y los índices de cópula más altos.
 Esta variable expresada en índice de cópula se correlacionó con el tiempo de anoxia se obtuvo un $r = 0.213$ que indica que no necesariamente el comportamiento de la mosca para la cópula aumenta conforme aumenta el tiempo de anoxia inducida (ver figura 3).

CUADRO 4

EVALUACION DE 7 TIEMPOS DE ANOXIA
 ANDEVA PARA INDICE DE COPULA

Variable	Gr. Lib.	Sumatoria de cuadrados	cuadrados medios	F. calculada	Significancia
BLOQUE	3	2579.523			
TRAT	16	3658.677	228.667	1.83	0.0492
Error	18	1078.907	59.94		
Total	27	4317.106			

El 71.1% de los machos de la generación F1 se aparearon con las hembras de la generación P1 y el 28.9% se aparearon con las hembras de la generación P2. Los resultados de la prueba de chi-cuadrado indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos con 1 hora y 2 horas de anoxia inducida con respecto a la frecuencia de apareamiento.

CUADRO 5

EVALUACION DE 7 TIEMPOS DE ANOXIA

PRUEBA DE DUNCAN PARA EL INDICE DE APAREAMIENTO

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DUNCAN AL 5 %
6 (0.00 hrs.) fértil	61.762	A
4 (2.25 hrs.)	57.103	A B
3 (1.50 hrs.)	51.815	A B
1 (0.67 hrs.)	51.778	A B
5 (3.37 hrs.)	51.167	A B
7 (0.00 hrs.) estéril	47.897	B
2 (1.00 hrs.)	46.685	B

Tratamientos con la misma la misma letra son iguales

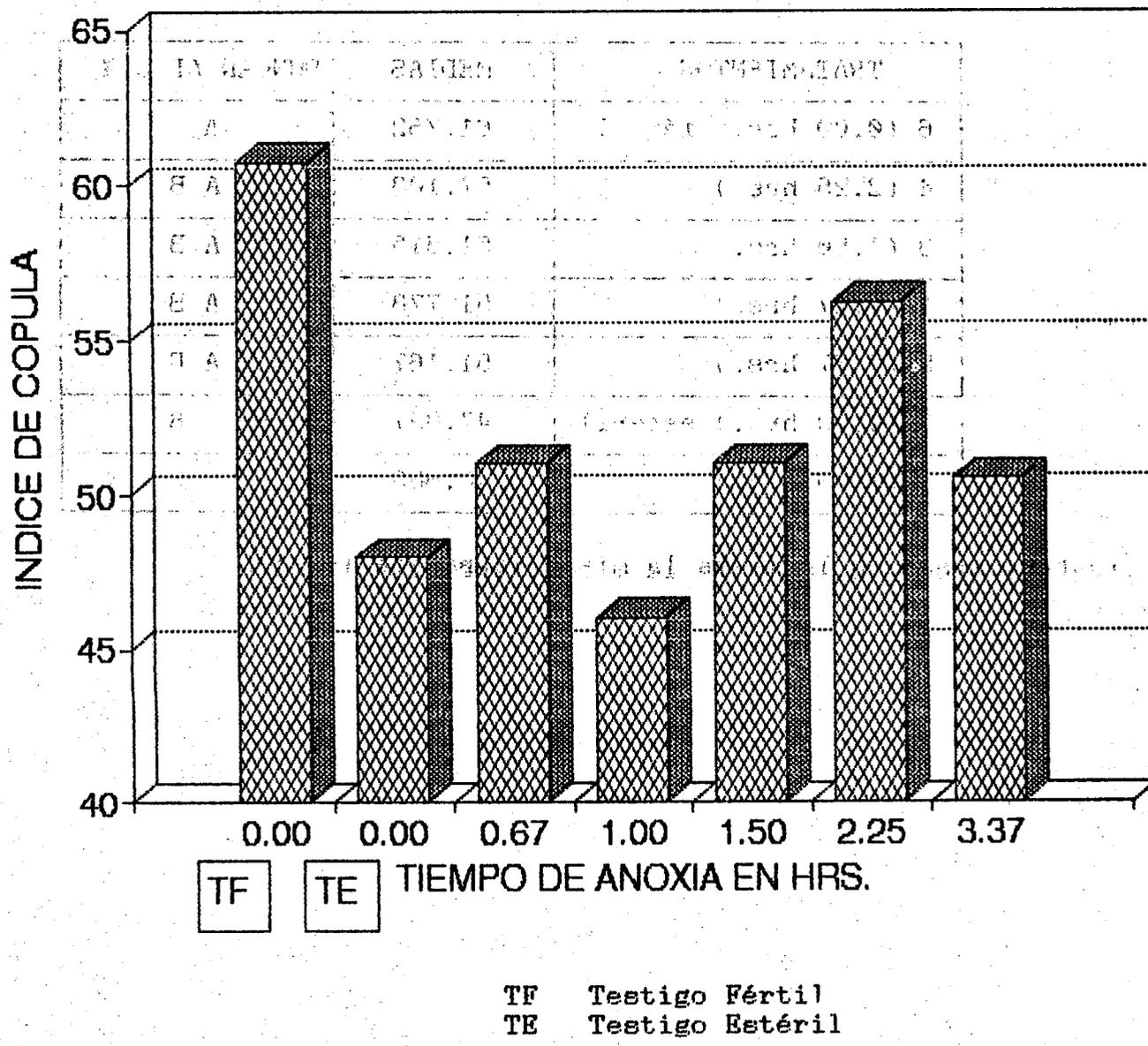


Figura 3 Índice de cópula obtenido con 7 tratamientos de anoxia inducida

VII.3. CORRELACION ENTRE HABILIDAD DE VUELO E INDICE DE COPULA:

La habilidad de vuelo expresada en porcentaje fue correlacionada con el índice de apareamiento (ver figura 4) y se obtuvo $r = 0.919$ por lo que se considera que existe relación entre estas dos variables. Esto significa que hay una alta probabilidad de que un lote de pupa que presente un porcentaje de habilidad de vuelo alto se comporte de la misma manera para el índice de cópula.

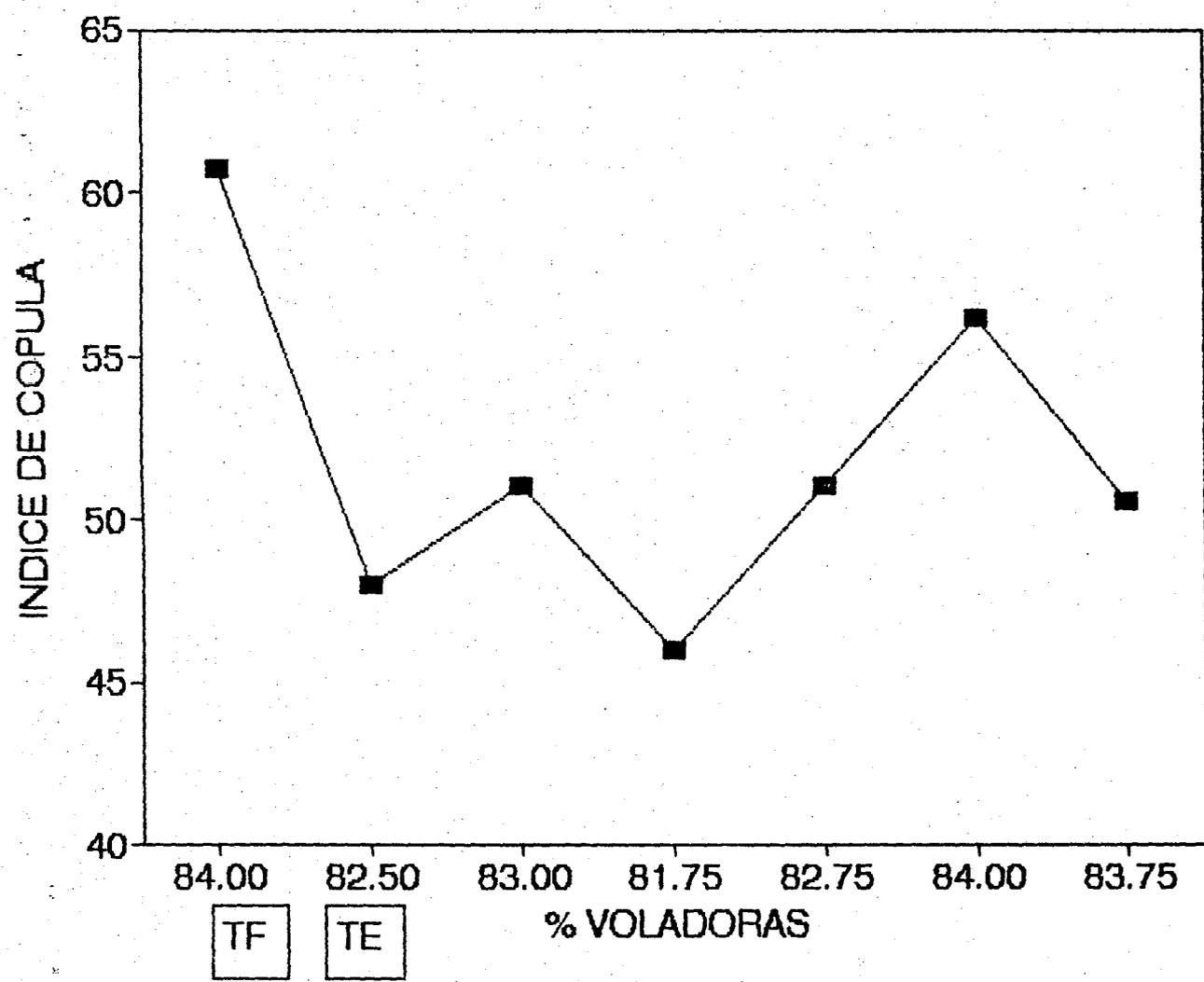


Figura 4 Relación Porcentaje de habilidad de vuelo - índice de cópula bajo anoxia inducida.

B. CONCLUSIONES

8.1. Conclusiones

De los resultados obtenidos en la evaluación de 6 diferentes tiempos de anoxia inducida se concluye de la siguiente forma:

- 8.1.1. La anoxia inducida no afecta el porcentaje de emergencia ni la habilidad de vuelo de la mosca del Mediterráneo criada en el laboratorio de San Miguel Petapa.
- 8.1.2. No existe correlación entre los tiempos de anoxia inducida evaluados y el porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo.
- 8.1.3. La hipótesis planteada se rechaza debido a que no existe diferencias estadísticas en los resultados planteados en el presente estudio.
- 8.1.4. La propensidad a la cópula fue mayor en los tratamientos 6 testigo fértil (0.00 hrs. de anoxia inducida) y el 4 correspondiente a 135 minutos (2.25 hrs. de anoxia inducida) y fue menor en los tratamientos 7 testigo estéril (0.00 hrs. de anoxia inducida) y el 2 correspondiente a 60 minutos (1.00 hrs. de anoxia inducida).
- 8.1.5. Existe correlación entre habilidad de vuelo e índice de cópula
- 8.1.6. El mejor tiempo de anoxia inducida previo a la irradiación en pupas de mosca del mediterráneo es de 2.25 hrs. el cual está dentro del rango utilizado por el centro de Producción de Mosca del mediterráneo del Programa Moscamed.

9. RECOMENDACIONES.

- 9.1. Al centro de producción se le recomienda con criterio para fines de este experimento utilizar para inducir anoxia previo a la irradiación el tiempo identificado como tratamiento 4 (2.25 Hrs), ya que es el que produce machos más competitivos al apareamiento.
- 9.2. Realizar otro estudio que incluya pruebas de campo, para determinar el efecto de la anoxia inducida en la competitividad sexual de la Mosca med producida en laboratorio comparándola con la mosca silvestre.

10. BIBLIOGRAFIA

1. **ALVAREZ CONTRERAS, O.A.** 1991. Influencia del tamaño de la pupa - esterilizada con cesio 137 en la calidad de los adultos de --- mosca del mediterraneo *Ceratitis capitata* Wied. Tesis Ing. -- Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
2. **CASTANEDA, C.A.** 1983. Evaluación y determinación de partícula -- adecuado del bagazo de caña como inerte en la dieta larvaria - de la mosca del mediterraneo *Ceratitis capitata* Wied. Tesis - Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 87 p.
3. **CHURCHIL, C. et al.** 1986. Size as factor in the mating propensivity of mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* Wied. (dip tera: tephritidae), in the laboratory. J. Econ. Entómol. --- (EE.UU.) 79:614-619.
4. **DARCY, G.** 1968. Metabolismo de los insectos Trad. Pilar Alonso Sanjuan. Madrid, España, Oceano. p. 12-22.
5. **ENKERLIN, W** 1989. Principios de esterilidad y su aplicación en - el TIE contra moscas de la fruta. In Técnica del insecto esteril. Chiapas, México, Programa Moscamed. s.p.
6. **ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA.** 1984. Devolpment, of alternative technologies for quarantive treat ment. of fruit - and vegetables. Washington, EE.UU. 23 p.
7. -----, **SERVICIO DE INSPECCION SANIDAD VEGETAL Y ANIMAL.** 1986. Requisitos de las pruebas de control de calidad y procedimien tos de envío de las moscas del mediterráneo de la fruta produ cidas en laboratorio para los programas de control del insecto esteril. Texas, EE.UU. 31 p.
8. **FARIAS, R.; CUNNINGAM, T.; NAKAGAWA, S.** 1971. Reproduction in -- the mediterranean fruit fly: abundance of stored spermeffected by duration of copulation, and affecting egg hatch. Honolulu, Hawaii, Unites States Departament of Agriculture, Entomology - Research Division. 6 p.

9. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1978. Diccionario geográfico nacional de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p. 949-555.
10. KLEE, A. 1980. Control autocida. Guatemala, Programa Moscamed. 9 p.
11. LEON, G. DE. 1981. Biología de la mosca del mediterráneo. Guatemala, Programa Moscamed. 173 p.
12. LINARES, F. *et al.* 1989. Manual descriptivo de las actividades técnicas de la cria masiva y esterilización de la mosca del mediterráneo. San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Mosca---med. 12 p.
13. NATARENO, J.H. 1990. Manual de operaciones de la sección de irradiación, unidad de producción de mosca esteril. San Miguel Petapa, Guatemala, Programa Moscamed. 12 p.
14. OROZCO, D.A.; SCHWARIS, G.; PEREZ, R. 1983. Manual de procedimientos de control de calidad programa MOSCAMED. Metapa de Domínguez, México, Servicio de Agricultura y Servicios Hidráulicos. 165 p.
15. RAMOS DE MEJIA, A. 1980. Guía ilustrada para identificación de moscas de la fruta. México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección de Sanidad Vegetal. 25 p.
16. RHUM, M.E.; CALKINS, C.O. 1981. Eye color changes in *Ceratitis capitata* pupae, a technique to determinate pupal devolpment. Fla, EE.UU., s.n. 8 p.
17. SANCHEZ LOARCA, S. 1980. Impacto económico de las moscas de la fruta en Guatemala. Guatemala, Programa Moscamed. p. 13-14.



No. Bo. Rolando Barrios.



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

Ref. Sem.013-93

LA TESIS TITULADA: "LA ANOXIA INDUCIDA COMO PASO PREVIO A LA IRRADIACION EN PUPAS DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata) Wied. Y SU EFECTO EN LA EMERGENCIA, HABILIDAD DE VUELO Y PROPENSIDAD A LA COPULA, DE LOS ADULTOS ESTERILES".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARCO TULIO SANTOS ALBIZUREZ.

CARNET No: 88-13116

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. José de Jesús Castro
 Ing. Agr. Sergio Velásquez
 Ing. Agr. Waldemar Nufio
 Ing. Agr. Salvador Sánchez

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno
 ASESOR



Dr. Luis Mejía de León
 DIRECTOR DEL IIA.

IMPRIMASE

Ing. Agr. Efraín Medina Guzmán
 DECANO



c.c. Control Académico
 Archivo.
 /pr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.
 TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675