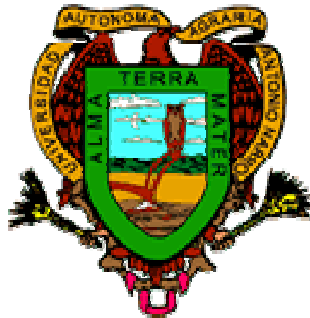


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



DETERMINACIÓN DE LA TOLERANCIA A INSECTICIDAS DE *Tribolium castaneum* (HERBST), EXPUESTOS A DOS TEMPERATURAS

POR

JORGE VELASCO GARCÍA

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Enero de 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

DETERMINACIÓN DE LA TOLERANCIA A INSECTICIDAS DE *Tribolium
castaneum* (HERBST), EXPUESTOS A DOS TEMPERATURAS

Por:

JORGE VELASCO GARCÍA

TESIS

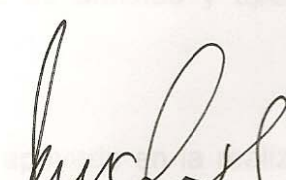
Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por:



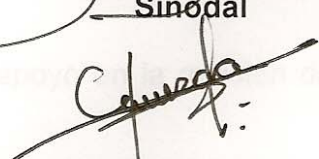
Dr. Ernesto Cerna Chávez
Presidente del jurado



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Sinodal



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Sinodal



M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo
Sinodal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador del la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Enero de 2009



División de Agronomía
Coordinación.

AGRADECIMIENTOS

A las Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, especialmente al Departamento de Parasitología Agrícola, por haberme cobijado durante cuatro años y medio de mi vida como estudiante; por ello donde quiera que este pondré en alto el nombre de mi “Alma Mater”.

ESPECIALMENTE

Con respeto y admiración al **Dr. Ernesto Cerna Chávez** por haber confiado en mí y por el apoyo incondicional en la realización del presente trabajo; además por haberme brindado su amistad.

Al **Dr. Jerónimo Landeros Flores** por brindarme su amistad y apoyo en la realización y revisión del presente trabajo.

A la **Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por haberme apoyado en la realización de este trabajo, por su amistad y comprensión.

M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo, por el apoyo en la revisión del presente trabajo.

A todos los profesores del Departamento de Parasitología por haberme brindado sus conocimientos y darme las herramientas necesarias para ejercer mi profesión.

A mis compañeros de la Generación CVI de la Carrera de Ing. Agrónomo Parasitólogo, con quienes pasé momentos agradables durante toda la estancia fuera y dentro de la Institución.

DEDICATORIA

Sobre todo a Dios nuestro Señor por guiarme siempre en mi camino y porque siempre está ahí cuando mas lo necesito, en mis tropiezos, caídas y triunfos.

A los seres que mas quiero: "Mi familia", que siempre están conmigo, en las buenas y en las malas, especialmente **a mis padres:**

Jorge Velasco Morales. Por quererme y apoyarme siempre durante todo el curso de mi carrera y que sin escatimar esfuerzos siempre estaba ahí cuando mas lo necesité. A esa persona que lucha, persevera y alcanza; mi gran respeto y admiración para usted "Papá".

Luz García Pérez. La mejor madre del mundo, porque nadie más me demostró cariño y amor sincero. Tantas preocupaciones y desvelos pensando en mí, sus consejos lograron en mi vida el rumbo que ahora tiene; por que no podre pagar ni con todo el tesoro del mundo lo que me ha dado. Con orgullo le dedico este trabajo.

A mis queridos hermanos:

ARACELI

FLOR

MARCO

SAUL

GABRIEL

Que han sido y serán los compañeros y amigos de toda mi vida, aquellos que están siempre conmigo y que con una muestra de admiración y respeto han

hecho posible que salga adelante. Para todos ellos con honor les dedico este trabajo.

A ti Doris que has sido mi compañera en todos los momentos de caídas y éxitos, luz que ilumina mi camino, razón de mis alegrías, refugio de mis pensamientos, arrullo de mi soledad, y porque eres mi amor...

A mis sobrinos:

CARELI, LEANDI, CARLOS ALEJANDRO, AMBAR Y CARLOS SAÚL, porque los quiero mucho.

A mis grandes amigos de toda la carrera:

GLEYBER, JOSE LUIS, JORGE MARTÍN, JOSE MIGUEL... Siempre cuates, siempre hermanos, en las buenas y en las malas ayudándonos siempre, porque con ellos compartí momentos agradables.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen y evolución de los insectos de almacén	5
Origen de las infestaciones de granos	5
Clasificación de los insectos según el daño que ocasionan	6
Gorgojo castaño de la harina (<i>Tribolium castaneum</i> Herbst)	7
Origen y distribución.....	7
Ubicación taxonómica.....	8
Descripción morfológica.....	8
Ciclo de vida.....	9
Biología y hábitos	9
Daño.....	10
Importancia económica de <i>T. castaneum</i> (Herbst).....	10
Métodos de control	10
Control biológico.....	10
Resistencia genética.....	11
Control físico.....	12
Control alternativo.....	12
Polvos minerales.....	12
Uso de feromonas y trampas.....	13
Control químico.....	14
Fumigantes.....	15

Insecticidas.....	15
Organofosforados.....	17
Malathión.....	18
Pirimifós metil.....	18
Piretroides.....	18
Cipermetrina.....	19
Deltametrina.....	19
Organoclorados.....	20
DDT.....	20
Efecto de la temperatura sobre la toxicidad de insecticidas.....	21
Insecticidas evaluados.....	21
Naled.....	21
Endosulfán.....	22
Bifentrina.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
Ubicación del experimento.....	24
Procedimiento de cría de <i>Tribolium castaneum</i>.....	24
Productos utilizados.....	25
Método de bioensayo.....	25
Técnica de película residual (FAO, 1974).....	25
Análisis estadístico.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Concentración letal.....	27
Valores de X^2, r^2, G. L. y P.....	29
Líneas de respuesta dosis – mortalidad.....	30
Comparación de límites fiduciales (CL_{50}).....	32
CONCLUSIONES.....	34
LITERATURA CITADA.....	35
APÉNDICE.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	CL ₅₀ , CL ₉₅ y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a las 24 hrs a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	28
2	CL ₅₀ , CL ₉₅ y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a las 24 hrs a temperatura de 35 °C.....	28
3	Coeficiente de determinación (r^2), chi-cuadrada (X^2) y probabilidad de ocurrencia del evento de los diferentes insecticidas a ± 24 °C.....	29
4	Coeficiente de determinación (r^2), chi-cuadrada (X^2) y probabilidad de ocurrencia del evento de los diferentes insecticidas a 35 °C.....	30
A1	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Bifentrina a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	42
A2	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Bifentrina a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.....	42
A3	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Naled a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	43
A4	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Naled a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.....	43
A5	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Endosulfán a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	44
A6	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> expuestos a Endosulfán a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Líneas de respuesta dosis – mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	31
2	Líneas de respuesta dosis – mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a temperatura de 35 °C.....	31
3	Representación gráfica de límites fiduciales obtenidos a nivel de CL ₅₀ de <i>Tribolium castaneum</i> a temperatura ambiente de ± 24 °C.....	32
4	Representación gráfica de límites fiduciales obtenidos a nivel de CL ₅₀ de <i>Tribolium castaneum</i> a temperatura de 35 °C.....	33

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es necesario almacenar alimentos, ya sea en forma de granos, frutas frescas, hortalizas o procesados como pastas, harinas, sopas, conservas y otros, antes de ir a mercado.

Los productos alimenticios almacenados pueden estar sujetos a fuertes pérdidas a consecuencia del deterioro inmediato o con el tiempo, debido a muchos factores, entre ellos, la cosecha, el tipo o forma de almacenamiento o las condiciones del mismo, la humedad, la temperatura, los hongos, mohos, micotoxinas, roedores e insectos principalmente.

Las plagas de productos almacenados son muy numerosas y posiblemente son el factor principal de las infestaciones y deterioro de los alimentos almacenados, los cuales pierden peso y calidad. Los insectos son la principal causa de pérdidas en los granos en poscosecha. Barrenan en el interior de los granos y se alimentan en su superficie, como también en el interior del mismo, tal es el caso de las plagas secundarias que necesitan de granos perforados para seguir con la molienda, entre los insectos de este tipo se encuentra el *Tribolium castaneum*.

T. castaneum es una plaga secundaria, principalmente de los cereales y es incapaz de dañar el grano sano, limpio y seco. Tanto el adulto como las larvas se alimentan de cereales partidos o dañados causando merma en peso y calidad. Se considera como la especie plaga más importante de harina almacenada.

Para la protección de los productos almacenados contra el ataque de insectos, se ha dependido del método químico como el control más utilizado. Sin embargo el uso indiscriminado e irracional ha permitido el desarrollo acelerado de la resistencia de estos insectos a los productos químicos.

La toxicidad de un insecticida depende de numerosos factores entre los cuales se puede mencionar sus propiedades fisicoquímicas, factores ambientales y sensibilidad de los organismos expuestos.

El efecto de la temperatura sobre la toxicidad de insecticidas en insectos repercute en gran medida, ya que en algunos casos a mayor temperatura se requiere menor masa (miligramos) por litro de insecticida para producir el mismo grado de mortandad en los insectos.

PALABRAS CLAVE: *Tribolium castaneum*, efecto de la temperatura, plaga de granos almacenados, toxicidad de un plaguicida, tolerancia de un plaguicida.

OBJETIVO

Para la realización del presente trabajo se planteó el siguiente objetivo:

- ✓ Determinar la tolerancia de *T. Castaneum* a insecticidas de diferente grupo toxicológico y como influye la temperatura en las líneas de respuesta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de las plagas de granos y productos almacenados

En la actualidad, a nivel mundial los insectos que infestan productos almacenados se encuentran agrupados en 227 especies, 66 de las cuales han registrado su presencia en México, causando pérdidas entre el 15 y 25 % dependiendo de la región (Nájera, 1991).

Las pérdidas de granos en el almacenaje es el principal problema que enfrenta el agricultor después de la cosecha. La situación es especialmente importante en países en desarrollo, entre los productores a pequeña escala, quienes ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos, en los lugares de almacenaje, por roedores, insectos, hongos y bacterias (White, 1995).

En los granos almacenados, los principales agentes que disminuyen la producción son los insectos, los cuales, antes de la cosecha y en el almacén, puede causar pérdidas del 20 al 80 % (Larraín, 1994).

Gutiérrez y Jiménez (1989), comentan que en términos generales *Sitophilus zeamais*, *S. cerealella*, y *T. castaneum*, son actualmente las plagas mas importantes de los granos y productos almacenados.

Origen y evolución de los insectos de almacén

Se cree que los insectos de almacén hacen su aparición en la era neolítica, cuando el hombre comienza a criar animales domésticos, cultivar plantas y almacenar regularmente cereales en el octavo milenio A. C., se asume que las especies conocidas hoy en día, como plagas de almacén se desarrollarán primeramente en hábitats naturales y después se trasladaron o fueron trasladadas a los lugares de almacenaje, ya que estos les proporcionaban condiciones adecuadas para tener un buen desarrollo. (Salomón, 1965).

Algunas especies de insectos se han relacionado con los productos almacenados y han sido encontrados en tumbas del antiguo Egipto; insectos como *Tribolium spp.* Y *Sitophilus granarus* se encontraban en tumbas faraónicas de la sexta dinastía que datan de alrededor de 2500 a 2300 A. C respectivamente. (Chaddick y Leek, 1972).

Origen de las infestaciones de granos

Los insectos tienen diferentes formas de desplazarse y hay especies que tienen una gran capacidad de vuelo, otras las hacen caminando y por último, hay algunas que son más sedentarias. La mayoría de las veces las infestaciones ocurren en el campo, al ser el grano atacado antes de la cosecha (Ramírez, 1996). En otras ocasiones los insectos son capaces de volar ciertas distancias desde el campo hasta el almacén de grano y viceversa (Williams y Floyd, 1970).

Gutiérrez, (1992), menciona que algunas especies son capaces de sobrevivir por largos periodos de tiempo cuando no disponen de suficiente alimento o las condiciones del medio no son favorables; cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de nuevas cosechas, dejan su estado de reposo

para multiplicarse activamente creando focos de infección, que a su vez pueden ingresar al almacén en los granos infectados.

Otra causa de infección por los insectos es cuando permanecen en el almacén remanentes de semillas o harinas de temporadas pasadas, por lo que la presencia de infecciones se da fácilmente (Pérez, 1988).

Clasificación de los insectos según el daño que ocasionan

Se dice que desde la recolección hasta su almacenamiento, las cosechas de maíz, frijol, trigo, sorgo, etc., son atacadas por una serie de plagas de insectos que causan pérdidas estimadas en un 20 %, dependiendo del clima y del lugar (S.A.R.H, 1980).

Existen muchos tipos de insectos que pueden atacar el grano almacenado, pero solamente un número muy pequeño de ellos causa grandes problemas. Desde el punto de vista del daño que los insectos causan a los granos almacenados, se les clasifica en plagas primarias y secundarias.

Plagas primarias, se incluyen a este grupo a los insectos que son capaces de romper el pericarpio de la semilla para llegar al endospermo del cual se alimentan; aunque relativamente pocas, son capaces de dañar granos enteros y tienen gran importancia económica (Gutiérrez, 1992). Entre las que se encuentran: *Sitophilus granarius* (L), *Sitophilus oryzae* (L), *Sitophilus zeamais* Mutschulsky, *Acanthoecelides obtectus* Say, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), *Prostephanus truncates* (Horn), *Rhyzopertha dominica* (F), *Plodia interpunctella* (Hubner)

Plagas secundarias, son insectos incapaces de romper el grano para iniciar su ataque. Atacan granos partidos o que previamente han sido dañados por las primarias y se multiplican con gran facilidad en productos obtenidos de la

molienda de granos (Gutiérrez, 1992). Encontrándose: *Tribolium castaneum* (Herbst), *Tribolium confusum* Duval, *Orizaephillus surinamensis* (L), *Cryptolestes pusillus* (Schonherr)

Gorgojo Castaño de la harina (*Tribolium castaneum* Herbst)

Origen y distribución

Tribolium castaneum, más conocido como gorgojo rojo de las harinas, fue clasificado y descrito en 1797, y es conocido desde hace muchos años antes que el *Tribolium confusum*. La diferencia más significativa entre las dos especies radica en la forma de las antenas. Los segmentos de las antenas de *T. confusum* aumenta de tamaño gradualmente desde la base de la antena hasta el extremo terminal, en tanto que *T. castaneum*, los últimos tres segmentos en el extremo de las antenas son de pronto mucho más grandes que los segmentos que le anteceden (Arias, 1981).

Mallis (1990) menciona que *T. castaneum* es un insecto de origen Indo-Australiano con un hábitat cosmopolita, pero esencialmente es un insecto de climas calientes.

Ubicación taxonómica

Según Borrer *et al.* (2005), ubican taxonómicamente al gorgojo castaño de la harina de la siguiente manera:

Phyllum.....Arthropoda
 Subphyllum.....Mandibulata
 Clase.....Hexápoda (insecta)
 Subclase.....Pterigota
 División.....Edopterigota
 Orden.....Coleóptera
 Suborden.....Polyphaga
 Superfamilia.....Tenebrionidea
 Familia.....Tenebrionidae
 Género.....*Tribolium*
 Especie.....*T. castaneum*

Descripción morfológica

El adulto mide de 3 a 3.7 mm de largo, aplanado, de color café rojizo. Es capaz de volar. La cabeza, el tórax y el abdomen son diferenciales; las antenas están bien desarrolladas y los tres últimos segmentos se ensanchan bruscamente, siendo más anchos y más largos que los anteriores. El protórax está densamente cubierta por diminutos puntos y los élitros con bandas longitudinales difíciles de ver a simple vista. La característica que lo distingue de *T. confusum*, es que en este los segmentos van incrementando gradualmente desde la base a la punta y los ojos vistos ventralmente se notan más grandes y mucho menos separados (DGSV, 1980). Las larvas son gusanos delgados de color amarillo pálido, los segmentos presentan pelos finos, y el segmento terminal posee un par de espinas como pequeños apéndices. Las larvas al completar su desarrollo mide 4.5 mm de

largo. Las pupas son de tipo exarata de color amarillo crema de unos 2 mm de largo (DGSV, 1980).

Ciclo de vida

La hembra deposita los huevecillos aisladamente entre la harina o residuos de los granos. Los huevecillos son pequeños, delgados, cilíndricos y de color blanquicco y están cubiertas por una secreción pegajosa que permite que se adhieran a las superficies y faciliten la infestación. El periodo de incubación varía de 5 a 12 días, dependiendo, de la temperatura. El desarrollo larvario varía de 1 a 3 meses de acuerdo de temperatura y disponibilidad del alimento. La pupa es desnuda, al principio de color blanco, torneándose gradualmente en amarillenta; tiene en la superficie dorsal haces de pelos como en el caso de las larvas. En estado de pupa tarda de 6 a 9 días, transformándose después en gorgojo (SARH, 1980).

Biología y hábitos

La hembra deposita alrededor de 450 huevecillos cerca de los alimentos, de preferencia en ranuras cerca de las cajas de cartón o en algún sitio protegido similar, y desde huevecillo a adulto se requiere un tiempo promedio de 6 semanas bajo condiciones favorables (Gutiérrez y Gümes, 1991). Las larvas que nacen de estos huevecillos, son de cuerpo suave atacando los granos quebrados y las harinas. Las larvas que se alimentan en granos rotos y polvo de cereales son mas o menos de 4 mm de longitud, delgadas, cilíndricas, de color blanco con ligeros tintes amarillos de cabeza obscura (Ramayo, 1983). Después de unos 70 a 90 días pasan a estadio de pupa, donde pueden invernar o pasar a estado adulto para completar una nueva generación (Metcalf y Flint, 1976).

Daño

Es una plaga secundaria de los cereales principalmente y es incapaz de dañar el grano sano, limpio y seco. Tanto el adulto como las larvas se alimentan de cereales partidos o dañados causando merma en peso y calidad (Gutiérrez y Gümes, 1991).

Importancia económica de *T. castaneum* (Herbst)

La importancia de las pérdidas de los productos almacenados es variable. En cuanto a los cereales a nivel mundial se ha reportado pérdidas del 20 % (Bennet *et al.*, 1996). *T. castaneum* se considera como la especie plaga más importante de harina almacenada. Varios autores mencionan que la presencia de dos larvas de esta plaga por kg. de harina representa pérdidas del 18 % (Bennet *et al.*, 1996).

Métodos de control

A través del tiempo, el hombre ha aprendido a establecer una lucha competitiva con los insectos por la defensa del alimento de manera que ha desarrollado diferentes métodos de control que incluyen medidas físicas, químicas y biológicas (Gutiérrez y Gümes, 1991).

Control biológico

Entre los insectos que son enemigos naturales de insectos plaga de granos almacenados, existen algunos parasitoides como *Choestospila elegans*, *Anisopteromalus oryzae*, *Leriphagus distinguendus*, *Cerocephala dinoderi*, (Hymenoptera: Pteromalidae), los cuales parasitan al gorgojo del maíz *S. zeamais* (Kranz, 1978), mientras que *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) parasita larvas de lepidópteros (Williams y Floyd, 1971 y Ariza, 1989). Por otra parte Kistler

(1985) indica que *Heterospilus prosopidis* (Hymenoptera: Braconidae) son parásitos de las larvas de instarés tempranos del gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus*. Los huevecillos, larvas y pupas del insecto antes mencionado también son atacados por el ácaro *Pediculoides ventricosus*, el cual provoca malformaciones en los adultos que logran emerger e impiden la ovoposición de las hembras (Larson, 1920 y Bushnell, 1940).

Otra plaga de los granos almacenados es *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidóptera: Pyralidae) que ha sido controlada mediante la aplicación de *Basillus thuringiensis*. Esta bacteria ocasiona una reducción de las infestaciones en más de un 80% (McGaughey, 1985).

Resistencia genética

La resistencia que presentan algunas razas criollas, o variedades de maíz, es un aspecto muy importante dentro del manejo integrado de plagas de almacén. Algunos de los factores físicos involucrados, son la longitud de las estepas (totomoxtle) y la integridad de cobertura que ofrece protección a la mazorca, reduciendo o eliminando los daños por insectos de maíz almacenado que inicia en el campo de cultivo (Aguilera, 1991).

Otra barrera física para los insectos, es el grosor del pericarpio del grano, la dureza proporcionada por el endospermo vítreo y granos de maíz con contenidos bajos en carbohidratos, o en algunos aminoácidos esenciales, son otras características que contribuyen a la resistencia, reduciendo la susceptibilidad al daño de picudos y gorgojos. Evans (1981).

El efecto de antibiosis provocadas en los insectos por algunos materiales genéticos que contienen sustancias químicas, es otro factor de regulación aunque otras veces, tienen efectos atrayentes (Tipping *et al.*, 1986).

Control físico

Radiaciones.- Las radiaciones, por su costo, no son accesibles a los productores de subsistencia y por lo tanto se orienta hacia una agricultura comercial. Se han utilizado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plagas de granos almacenados. Estudios con radiaciones de CO^{60} han demostrado que al someter a los principales insectos plaga de maíz y frijol almacenado a dosis de entre los 15 y 25 Krad, se produce una menor ovoposición y emergencia de adultos (Loya, 1977; Adem *et al.*, 1978 y Morales *et al.*, 1987); sin embargo, en dosis de 1 a 5 Krad se ha observado una estimulación en la emergencia de adultos después de 1 a 3 semanas de la aplicación. También se han utilizado las radiaciones con electrones acelerados, pero demostraron ser menos efectivas que las de CO^{60} (Adem *et al.*, 1978).

Temperatura.- La manipulación de la temperatura, ya sea disminuyendo o aumentándola, se ha utilizado para controlar las plagas de granos almacenados. Lo anterior se basa en que el intervalo de temperatura en que se desarrollan los insectos se encuentra comprendido entre los 13 y 35 °C, y fuera de él los insectos generalmente mueren (Fields, 1992). Sin embargo, este método no puede ser adoptado por los agricultores de escasos recursos.

Control alternativo

Polvos minerales

Estos polvos de materiales inertes actúan dañando la cutícula de los insectos, provocando así perforaciones por donde se pierden el agua. Además, tiene un efecto abrasivo sobre las articulaciones de los insectos ocasionándoles la muerte por desecación (Cotton, 1979).

Sánchez (1987) encontró que aplicaciones de carbonato de calcio al 1 %, produjeron un porcentaje de daño poco significativo al maíz por parte de *Sitophilus zeamais*. Resultados similares fueron obtenidos por González *et al.* (1993) menciona que la cal produjo un 99 % de mortalidad de *Zabrotes subfasciatus*. Otro material inerte que ha sido probado contra plagas de granos almacenados es la ceniza del volcán Chichonal, la cual ha demostrado ejercer un efecto positivo en la protección del grano de maíz (Páez, 1987 y Sánchez 1987).

Uso de feromonas y trampas

Burkholder y Dickie (1966), fueron los primeros en señalar el valor de las feromonas para detectar y monitorear insectos de almacén. Desde entonces a la fecha pero particularmente en los últimos 10 años, se ha desarrollado mucho esta técnica. Se han reportado feromonas sexuales o de agregación en 40 especies de 9 familias de insectos de almacén; los componentes principales de las feromonas de 29 especies se han identificado (Hodges 1984, Burkholder 1985).

Mankin *et al* (1980). Los machos de *Plodia interpunctella*, responden a contribuciones de las feromonas sexuales de 1×10^{-8} ng/cm³.

Las trampas con feromonas sirven para la detección y estimación de su población a través del tiempo y distribución. Se usan para los programas extensivos de detección y monitoreo de insectos cuarentenados o de recién introducción, para establecer oportunamente programas de control, supervisión o erradicación, trapeo de insectos de almacén en los cultivos antes de la cosecha, en vehículos de transporte antes de cargarlos y en productos de tránsito en instalaciones de almacenamiento (Leos, 1993).

Los datos generados en las trampas con feromonas pueden tomarse como base para aplicar medidas de control. Si se detecta una población de insectos, se intensifica el trapeo se aplica medidas de control. Al descubrir un foco de

infestación se aplica solo en los puntos donde se necesitan en lugar de tratar la instalación entera (Leos, 1993).

En México se usaron trampas sonda para monitorear coleópteros en trigo a granel de una compañía privada (Leos, 1987, no publicado). Las trampas detectaron a los insectos y señalaron focos de infestación varias semanas antes de que aparecieran en los muestreos de grano con bayoneta compartimentada de 2 m (Burkhoder, 1984).

Ríos, (1991) reporta que *Prostephanus truncatus* y *T. nigrecens* fueron atraídos por la feromona de agregación del barrenador durante 10-12 semanas en el campo, pero el mayor número de capturas se registró durante las primeras semanas de la exposición. El uso de las trampas con las feromonas permitió descubrir la fluctuación en las capturas de *P. truncatus* y *T. nigrecens* durante 10 meses en los ambientes agrícolas y naturales cercanos al sistema de almacenamiento estudiado; además, permitió detectar la presencia de ambas especies en una gran variedad de ambientes, cercanos y alejados del sistema de almacenamiento de maíz.

Control químico

Las medidas de control convencionales se basan en la aplicación frecuente de fumigantes e insecticidas químicos residuales, que por su amplio espectro de acción eliminan no sólo a la plaga sino también a sus enemigos naturales. En el caso de los granos destinados a la alimentación, existen severas restricciones al uso de pesticidas impuestas por las normas de bioseguridad, además de las limitaciones toxicológicas y ambientales. Así mismo, la constante exposición a los tratamientos químicos, ha inducido a desarrollar resistencia en *T. castaneum* a diferentes grupos de insecticidas (Akbar *et al.*, 2004).

Fumigantes

Un fumigante es un insecticida que ejerce su acción tóxica en forma de gas. Los fumigantes por lo general se almacenan en forma líquida o sólida. Estas sustancias reúnen ventajas sobre otros insecticidas por su gran poder de penetración, dado que se introduce en todos los espacios libres, que no pueden llegar a alcanzar otros métodos de aplicación de materiales químicos. Las principales desventajas de los fumigantes son que sus vapores se dispersan muy rápidamente, por lo que solo son efectivos en espacios cerrados. Además, no tienen efecto residual y su acción termina una vez que los gases escapan (Anónimo, 1993).

Stadler *et al.* (1990) mencionan que dentro del grupo de fumigantes más utilizados para el control de plagas de granos de almacén son la fosfina y el bromuro de metilo, producto de uso común en varios países.

Entre los fumigantes más utilizados en México han sido el bromuro de metilo y el fosfuro de aluminio (Conasupo, 1974). Hoyle *et al.* (1976) utilizaron la fosfina con 13 especies de granos almacenados, los cuales resultaron ser tolerantes cuando la fosfina se aplicó a temperaturas mayores de 15 °C. Winks (1984) indica que la tolerancia de los insectos a este producto químico aumenta al incrementarse la concentración.

Insecticidas

El uso de insecticidas ha sido el método más generalizado para el combate de plagas de granos almacenados. En esta lucha se ha empleado DDT, lindano, cloropicrina, malathion y permetrinas (Schwartz y Gálvez, 1980; Ramayo, 1983). El DDT fue utilizado después de la segunda guerra mundial y luego fue sustituido por el lindano, pero por motivos de desarrollo de resistencia se ha dejado de utilizar (Champ y Dyte, 1976).

En los Estados Unidos Americanos utilizaron por primera vez el malathion para controlar plagas de almacén en el 58, iniciándose así una era de combate efectivo y aun en nuestros días es utilizado (Haliscak y Beeman, 1983; Dyte y Bluckman, 1972).

Por otro lado LaHue (1966) citado por Pérez (1993) hizo una evaluación empleando dos dosis de malathion, piretro sinérgico con butóxido de piperonilo y una tierra de diatomea como protectores de maíz desgranado, contra insectos que atacan en almacén. Malathion concentrado emulsificable aplicando en una dosis de 710 ml al 57 % de grado Premium, por cada 35 ton., protegió al maíz cuando fue expuesto por 12 meses a un continuo ataque de mezcla de poblaciones de insectos de granos almacenados. Malation a una dosis de 475 ml dio excelente protección, pero no tan efectivos como la dosis de 710 ml. Piretro sinérgico dio igual protección que malathion 710 ml.

De otra manera Strong (1967), resume la relativa susceptibilidad de 17 especies de insectos de granos almacenados al malathion y al diazinón asperjados en solución de acetona sobre trigo. Diazinón demostró ser ligeramente más efectivo que malathion, cuando se consideraron todos los insectos, pero la diferencia más importante observada, fue la respuesta de las distintas especies de insectos a los tratamientos.

En la desinfección de superficies y en el tratamiento del grano, pirimifósmetil tiene mayor efectividad que malathion (Ortiz, 1990). Mendoza (1990), menciona que en México la deltametrina ofrece mayor efectividad y protección que malathion.

En México varias investigaciones se han basado en ensayos en laboratorios, en donde se han evaluado insecticidas organofosforados y piretroides básicamente los estudios se han dirigido a encontrar las dosis óptimas de piretrinas sinérgicas (Aguilera, 1988; Pérez, 1991). Estos investigadores han

encontrado respuesta heterogéneas en las diferentes poblaciones de insectos por ejemplo, el malathión continúa siendo efectivo para algunas localidades pero para otras es ineficiente principalmente cuando las evaluaciones se han dirigido a *Prostephanus truncatus*. En tal caso los piretroides han sido más efectivos que los organofosforados para control de este insecto. (Pérez, 1991).

Organofosforados

Ciertas sustancias químicas se clasifican comúnmente como compuestos organofosforados, debido a que contienen uno o más átomos de fósforo químicamente unidos, ya sea directamente a los átomos de carbono de los radicales orgánicos, o directamente a través de átomos de oxígeno, nitrógeno o azufre.

La mayoría de los organofosforados actúan como insecticidas de contacto, fumigantes y de acción estomacal, pero también se encuentran materiales sistémicos, que cuando se aplican al suelo y a las plantas son absorbidos por hojas, tallos, corteza y raíces, circulan en la savia haciéndola tóxica para los insectos que se alimentan al succionar. (Cremllyn, 1985)

Su principal mecanismo de acción toxica es la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (ACE). Esta esterasa cataliza la hidrólisis de la acetilcolina (AC, transmisor químico sináptico) a colina y ácido acético, a gran velocidad.

Algunos investigadores piensan que los compuestos organofosforados son tóxicos a los mamíferos, debido principalmente a una combinación irreversible con la acetilcolinesterasa, y a una enzima esterhidrolizante involucrada en la transmisión normal de los impulsos nerviosos a través del tejido nervioso. (A. Lagunes T. y J. A. Villanueva J.).

Malathión

Es un producto organofosforado con propiedades insecticida y acaricida, sintetizado en 1950 con denominación química: 0,0-dimetil-S- (1,2-dicarbetoxi-etil)-ditioposfato, también conocido como Malathion y 4049. Insecticida de amplio espectro de acción, actúa por contacto e ingestión. No es sistémico. Este compuesto fue el primer fosforado de baja toxicidad, posee una DL₅₀ dermal aguda de 400 mg/kg que lo ubica en la categoría III toxicológica (Muñoz, 1985).

Indudablemente es el más interesante de los insecticidas fosforados de que se dispone actualmente, debido a su baja toxicidad hacia muchos mamíferos, en contraste con su alta efectividad insecticida en contra de una gran variedad de insectos y ácaros.

Pirimifós metil

Producto fosforado sintetizado en 1970 con denominación química: 2dietilamino-6-metilpirimidin-4-il dimetil fosforotionato, tiene acción insecticida y acaricida de contacto y fumigante. La DL₅₀ oral aguda para ratas hembras es de 2,050 mg/kg; la DL₅₀ dermal aguda para conejos es más de 2000 mg/kg, ubicado en la categoría III (Martin, 1971; CICOPRAFEST, 1994).

Piretroides

Los piretroides son sustancias químicas manufacturadas de estructura muy similar a las piretrinas. Los piretroides son todos ésteres carboxílicos; surgieron como un intento por parte del hombre de imitar los efectos insecticidas de las piretrinas naturales que se venían usando desde 1850.

Su mecanismo de acción es a nivel del sistema nervioso, generando una alteración de la transmisión del impulso nervioso. Su efecto fundamental se debe

a una modificación en el canal del Sodio (Na) de la membrana nerviosa. (A. Lagunes T. y J. A. Villanueva J.)

Actualmente se reporta que los piretroides presentan grandes ventajas con respecto a los demás insecticidas aplicados a los granos almacenados porque estos son muy efectivos y poco tóxicos para los mamíferos. Golob y Hanks (1990) mencionan que la utilización de permetrinas para la protección de maíz almacenado en Tanzania contra las especies de *Sitophilus*, los cual les produjo excelentes resultados. Sin embargo Georghiou y Lagunes (1991) han reportado resistencia por parte de los insectos a estos productos. Lo anterior fue comprobado por Longstaff (1991) al observar resistencia por parte de *Sitophilus orizae* (L) a la deltametrina y el pirimifós metílico.

Cipermetrina

Producto perteneciente al grupo de los piretroides, con denominación química: 3 fenoxifenilmetil-1-2, 2- dicloroetenil-2, 2-dimetilclopropanocarboxilato. Insecticida de acción de contacto e ingestión. La DL₅₀ oral aguda para ratas varia de 430 a 4000 mg/kg lo cual es ligeramente toxico, correspondiente a la categoría III. (Sittig 1990; CICOPLAFEST, 1994).

Deltametrina

Tiene categoría toxicológica del producto III. Es de uso agrícola, pecuario, domestico, urbano e industrial, ingesta diaria admisible: 0.01 mg/kg.

Es un insecticida piretroide de contacto, incompatible con productos de fuerte reacción alcalina. Ligeramente persistente, tóxico para las abejas, peces y otras especies de vida acuática. En la salud tiene efectos moderadamente peligrosos, sus síntomas son: irritante dérmico y de mucosas. En caso de intoxicación, tratamiento sintomático (CICOPLAFEST, 1994).

Organoclorados

Este grupo de insecticidas se caracterizan porque presentan en su molécula átomos de carbono, hidrógeno, cloro y ocasionalmente oxígeno; contienen anillos cíclicos o heterocíclicos de carbono, son apolares o lipofílicos y tienen poca reactividad química.

Los compuestos organoclorados son altamente estables, característica que los hace valiosos por su acción residual contra insectos.

Su modo de acción es neurotóxica modificando la función normal de los canales de sodio de la membrana neuronal, los cuales son altamente sensitivos a cambios en el voltaje, que alteran la transmisión del impulso nervioso (Hassall, 1969).

DDT

En 1942 se introdujo como insecticida agrícola para el control de plagas de la papa y otros cultivos en colorado, EUA. Durante la última parte de la segunda Guerra Mundial, su principal uso fue en campañas contra el tifo, el paludismo y otras enfermedades transmitidas por mosquitos vectores. (Martin, 1971; CICOPLAFEST, 1994)

Su uso posterior en la India y otros países logró abatir la tasa de mortalidad debido al paludismo.

Efecto de la temperatura sobre la toxicidad de insecticidas

La toxicidad de una sustancia depende de numerosos factores, entre los cuales se pueden mencionar sus propiedades fisicoquímicas, factores ambientales y sensibilidad de los organismos expuestos. En distintos trabajos se demuestra el efecto de la temperatura sobre la toxicidad de diferentes xenobióticos (Powell y Fielder, 1982; Punzo y Kirk, 1992; Punzo, 1993).

El efecto de la temperatura sobre la toxicidad de insecticidas en insectos repercute en gran medida, ya que en algunos casos a mayor temperatura se requiere menor masa (miligramos) por litro de insecticida para producir el mismo grado de mortandad en los insectos. Bromuro de metilo en *Tribolium confusum* y *Sitophilus granarus* (Busvine, 1971).

Insecticidas evaluados

Naled

Es un compuesto organofosforado de acción insecticida y acaricida con actividad de contacto y estomacal y en menor grado por inhalación. Desarrolla una gran rapidez de control en contra de insectos chupadores y masticadores y es de moderado poder residual.

Naled es prácticamente insoluble en agua, ligeramente soluble en disolventes alifáticos y fácilmente solubles en disolventes aromáticos. Estable bajo condiciones anhidro, pero es hidrolizada rápidamente en agua: 90 – 100% en 48 horas a temperatura ambiente; es estable en recipientes de vidrio, sino en la presencia de metales y agentes reductores, rápidamente pierde bromo y vuelve a diclorvos.

En su mecanismo de acción Naled es un inhibidor de la colinesterasa. Naled es hidrolizada rápidamente a dar una serie de metabolitos que incluir diclorvos, diclorobromoacetaldehído, dimetil fosfato y algunos complejos amino-ácidos conjugado de la degradación del producto. (Schwartz y Gálvez, 1980).

Endosulfán

Su fórmula es (6,7,8,9,10,10,-hexaclaro- 1,5,5a,6,9,9a hexahidro-6,9-metano- 2,4,3- benzodioxathiepina 3-óxido). Es de los insecticidas más usados en México, ya que ha sustituido a todos los organoclorados cuya venta está prohibida en el país por sus efectos adversos a la salud y el ambiente. (Cremllyn, 1985).

Es un insecticida de toxicidad moderada y es usado para controlar insectos tanto en cosechas comestibles como no-comestibles, y también como preservativo para madera, se utilizado ampliamente en los cultivos de fresa; además, está autorizado oficialmente para otros treinta y nueve cultivos. (Martin, 1971; CICOPLAFEST, 1994).

Es un sólido de color crema a pardo que puede ocurrir en forma de cristales o escamas. Tiene un olor parecido a trementina, pero no se incendia. No ocurre en forma natural en el medio ambiente. (Champ y Dyte, 1976).

Bifentrina

Es un insecticida acaricida que esta dentro del grupo de los piretroides, su formula es 2-metilbifenil-3-ilmetil (*Z*)-(1*RS*, 3*RS*)-3-(2-cloro-3, 3, 3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropancarboxilato. (Martin, 1971; CICOPLAFEST, 1994).

Su mecanismo de acción es que actúa por ingestión y por contacto, y es utilizado principalmente para uso agrícola, jardinería, urbano y domésticos. En la agricultura aplicaciones como concentrado emulsionable, polvo humectable, para

aplicaciones al suelo como granulado, para tratamiento de semillas. (Muñoz, 1985).

Las plagas que controla son araña roja, pulgón y larvas de lepidópteros, cucarachas, chinches, chinche reduvida, chinche de cama, moscas, mosquitos, ciempiés, milpiés, piojos, avispas, alacrán, pescadito de plata, cochinilla, arañas, aradores, escorpión, garrapatas, grillos, gusano soldado, gusano de cedro, hormigas, pulgas, saltamontes y tijerillas. (Schwartz y Gálvez, 1980).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Toxicología en el Departamento de Parasitología que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Procedimiento de cría de *Tribolium castaneum*

Para obtener individuos jóvenes con suficiencia y oportunidad para someterlos a los tratamientos la población de *Tribolium castaneum* se colocó en un recipiente de vidrio, utilizando harina de maíz nixtamalizado como sustrato. La harina fue previamente esterilizada al colocarla a temperaturas bajas (menos de 20 °C) por espacio de 8 días, con la finalidad de que no se presentara una contaminación por otras especies de insectos. Los recipientes fueron tapados con una tela de tul y asegurados con ligas para evitar la salida de los insectos; posteriormente los recipientes fueron colocados dentro de una cámara de cría a una temperatura de 35 °C, esto para lograr un buen desarrollo de la población. Finalmente, de la población madre se obtuvieron muestras de adultos cada semana para que ovipositaran en otros frascos con harina limpia por un lapso de 72 horas, con la finalidad de tener un buen control de la edad en el momento de los bioensayos.

Productos utilizados

Se evaluaron tres insecticidas, de tres grupos toxicológicos que son: fosforados, clorados, y piretroides como se mencionan a continuación: Naled, Endosulfán, y Bifentrina respectivamente, a dos temperaturas de exposición; una a temperatura ambiente (± 24 °C) y otra a 35 °C en la cámara bioclimática.

Método de bioensayo

El método de bioensayo utilizado en el desarrollo del presente trabajo fue el de película residual (FAO, 1974), utilizando diferentes concentraciones y a dos temperaturas de exposición; a temperatura ambiente de ± 24 °C y de 35 °C.

Técnica de película residual (FAO, 1974)

La ubicación de las concentraciones se obtuvo mediante un estudio previo denominado ventana biológica, que nos ayudó para partir de una concentración adecuada.

Para la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución madre de 10 000 ppm, que fue diluida en acetona para obtener las concentraciones deseadas. Dichas disoluciones se realizaron justo en el momento de realizar el bioensayo.

Cada tratamiento consto de tres repeticiones y un testigo. El recipiente utilizado fue un frasco de vidrio de 7 cm de diámetro (frasco Gerber), con seis concentraciones más un testigo, dando un total de 21 unidades experimentales para cada insecticida a evaluar.

El bioensayo se realizó con insectos adultos de *Tribolium castaneum*, con la técnica conocida como película residual, que consistió en agregar 1 ml de la concentración deseada de insecticida a cada frasco, para obtener una buena distribución; el frasco se rodaba por espacio de 30 s para que la concentración cubriera toda la superficie de este.

Una vez que se logró la cobertura y la evaporación de la solución se introdujeron en cada frasco 20 insectos adultos de *Tribolium castaneum* de 20 días de edad aproximadamente. Posteriormente los frascos tratados fueron tapados con tela organza, sujeto con bandas de hule. El testigo solamente fue tratado con 1 ml de acetona. El experimento se dejó a dos temperaturas de exposición que fue de (± 24 y 35 °C).

Las observaciones de mortalidad se realizaron a las 24 y 48 horas. Se considero como individuo muerto aquel que no presentaba movilidad alguna. Utilizando una fuente de calor y una placa metálica en donde se colocaron los insectos para comprobar su movilidad y de esta manera determinar si estaban vivos o muertos. Con los datos obtenidos se determinó los porcentajes de mortalidad para cada concentración, posteriormente determinar la CL_{50} mediante el análisis probit.

Análisis estadístico

Con los resultados de los bioensayos, se realizó el análisis Probit, donde se obtuvo la ecuación de predicción, CL_{50} , CL_{95} , la línea de respuesta Dosis-Mortalidad y límites fiduciales que se graficó en papel logaritmo - probit; se estimó además el valor de chi- cuadrada (X^2) y el coeficiente de determinación (r^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se describen los resultados obtenidos de los bioensayos realizados. Presentando la siguiente secuencia: valores de CL₅₀, CL₉₅, y límites fiduciales. Por último se muestran las líneas de regresión dosis – mortalidad y tendencia.

Concentración letal media (CL₅₀)

Con respecto a la concentración letal media (CL₅₀) de los diferentes insecticidas, podemos observar (Cuadro 1) que el insecticida bifentrina, naled y endosulfán obtuvieron una CL₅₀ de 326.27, 8.12, 167.84 ppm respectivamente, a 24 hrs de exposición y a una temperatura ambiente de $\pm 24^{\circ}\text{C}$, sobre adultos de *Tribolium castaneum*. Al comparar nuestros resultados con otras investigaciones podemos observar que los resultados obtenidos por Andreev *et al.* (1999), difieren a los reportados en esta investigación, ya que estos autores mencionan una CL₅₀ para el producto endosulfán de 320 ppm, en relación a la bifentrina, Rahman *et al.* (2007), reportan una CL₅₀ de 221.9 ppm, lo que representa una alta tolerancia de la línea de gorgojos hacia este insecticida; por ultimo para el insecticida naled, estos mismos autores reportan una CL₅₀ de 19.2 ppm, por lo que presenta una menor tolerancia nuestra línea que la reportada por estos autores.

Cuadro 1.- CL_{50} , CL_{95} y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de *Tribolium castaneum* a las 24 hrs a temperatura ambiente de ± 24 °C.

Insecticidas	No. de individuos	CL_{50}	Límites Fiduciales		CL_{95}
			Inferior	Superior	
Bifentrina	420	326.27	185.75	488.75	2961
Naled	420	8.12	1.21	16.24	33.85
Endosulfán	420	167.84	60.59	279.16	1400

En relación a la concentración letal media (CL_{50}) obtenida de los diferentes insecticidas a 24 hrs de exposición y a una temperatura de 35 °C, podemos observar (Cuadro 2), que los insecticidas bifentrina, naled y endosulfán obtuvieron una CL_{50} de 248.97, 7.42, 318.77 ppm respectivamente.

Cuadro 2.- CL_{50} , CL_{95} y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de *Tribolium castaneum* a las 24 hrs a temperatura de 35 °C.

Insecticidas	No. de individuos	CL_{50}	Límites Fiduciales		CL_{95}
			Inferior	Superior	
Bifentrina	420	248.97	123.55	387.53	1842
Naled	420	7.42	1.35	15.71	45.52
Endosulfán	420	318.77	263.91	376.25	3232

La razón de encontrar diferencias en las líneas de respuesta dosis mortalidad, se debe a la naturaleza química de los productos; en el caso de los insecticidas bifentrina y naled, Lagunes y Villanueva (1994), son productos que pertenecen a los grupos de los piretroides y organofosforados, los cuales están íntimamente ligados a la actividad metabólica del insecto para causar un mayor efecto. En relación al insecticida endosulfán, Georghiu (1963), menciona que los

productos del grupo de los clorados presentan una actividad termonegativa, generando un mayor control en aquellos lugares donde la temperatura es fresca; por tal motivo el insecticida endosulfán presento mejores resultados en nuestra investigación a 24 °C.

Valores de X^2 , r^2 , G. L. y P.

El cuadro 3 presenta los coeficientes de determinación (r^2) para líneas de regresión dosis/mortalidad para los insecticidas bifentrina, naled y endosulfán a 24 hrs de exposición y a una temperatura ambiente de ± 24 °C; donde se puede observar que los valores estimados para r^2 oscilan entre 0.722 y 0.905; así como los valores de x^2 de 0.138 y 0.446, mostrando un buen ajuste.

Cuadro 3.- Coeficiente de determinación (r^2), chi-cuadrada (X^2) y probabilidad de ocurrencia del evento de los diferentes insecticidas a ± 24 °C.

Insecticidas	r^2	x^2	probabilidad
Bifentrina	0.891	0.229	0.99
Naled	0.905	0.446	0.99
Endosulfán	0.722	0.138	0.99

En el cuadro 4 se presentan los coeficientes de determinación (r^2) para líneas de regresión dosis/mortalidad para los insecticidas de bifentrina, naled y endosulfán a 24 hrs de exposición a una temperatura de 35 °C; donde se puede observar que los valores estimados para r^2 oscilan entre 0.883 y 0.966; mientras que para x^2 los valores estimados oscilan entre 0.086 y 3.366, mostrando también un buen ajuste.

Cuadro 4.- Coeficiente de determinación (r^2), chi-cuadrada (X^2) y probabilidad de ocurrencia del evento de los diferentes insecticidas a 35 °C

Insecticidas	r^2	x^2	Probabilidad
Bifentrina	0.889	0.209	0.99
Naled	0.966	3.366	0.99
Endosulfán	0.883	0.086	0.99

Líneas de respuesta dosis–mortalidad

En la figura 1 se expone las líneas de respuesta dosis–mortalidad, en referencia a la recta correspondiente a los insecticidas de bifentrina, naled y endosulfán a las 24 hrs de exposición y una temperatura ambiente de ± 24 °C; donde se obtuvo una CL_{50} 326.27, 8.12 y 167.84 ppm y una CL_{95} de 2961, 33.85 y 1400 ppm respectivamente. Por lo anterior se concluye que en base a la respuesta de las líneas dosis – mortalidad de la población de *Tribolium castaneum*, donde las líneas 1 y 3 presentan una tendencia homogénea, mientras que la línea 2 tiene una tendencia heterogénea en respuesta al tiempo de exposición del insecticida.

En la figura 2 se expone las líneas de respuesta dosis – mortalidad, en referencia a la recta correspondiente a los insecticidas de bifentrina, naled y endosulfán a las 24 hrs de exposición y una temperatura de 35 °C; donde se obtuvo una CL_{50} de 248.97, 7.42 y 318.77 ppm y CL_{95} de 1842, 45.52 y 3232 respectivamente. Lo anterior muestra que en base a la respuesta de las líneas dosis – mortalidad de la población de *Tribolium castaneum*, donde las líneas 1 y 3 presentan una tendencia homogénea, mientras que la línea 2 tiene una tendencia heterogénea en respuesta al tiempo de exposición del insecticida.

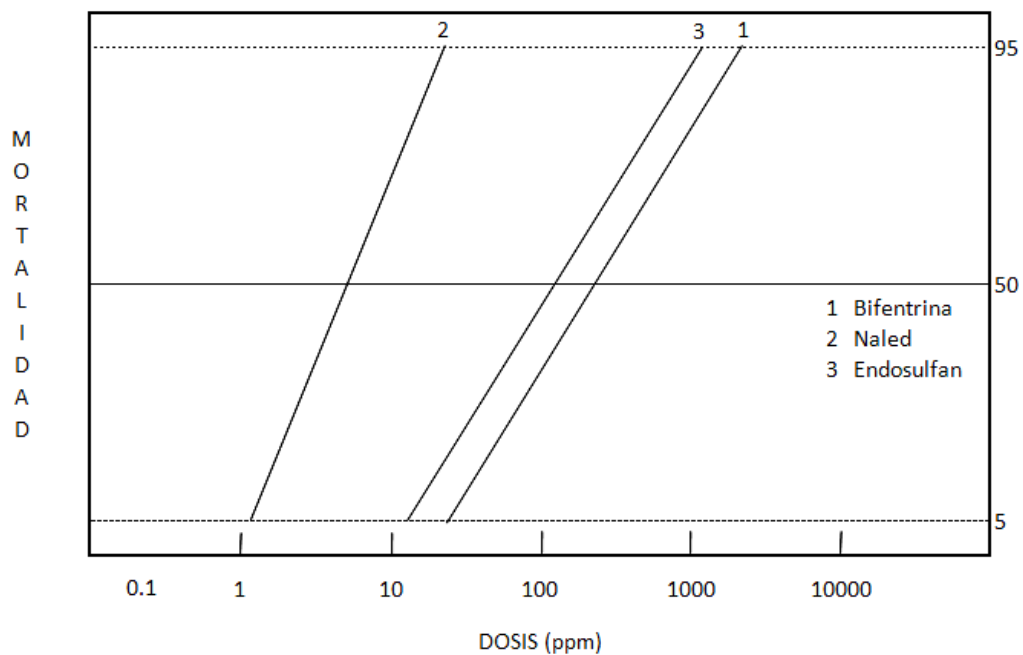


Figura 1.- Líneas de respuesta dosis – mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de *Tribolium castaneum* a temperatura ambiente de ± 24 °C.

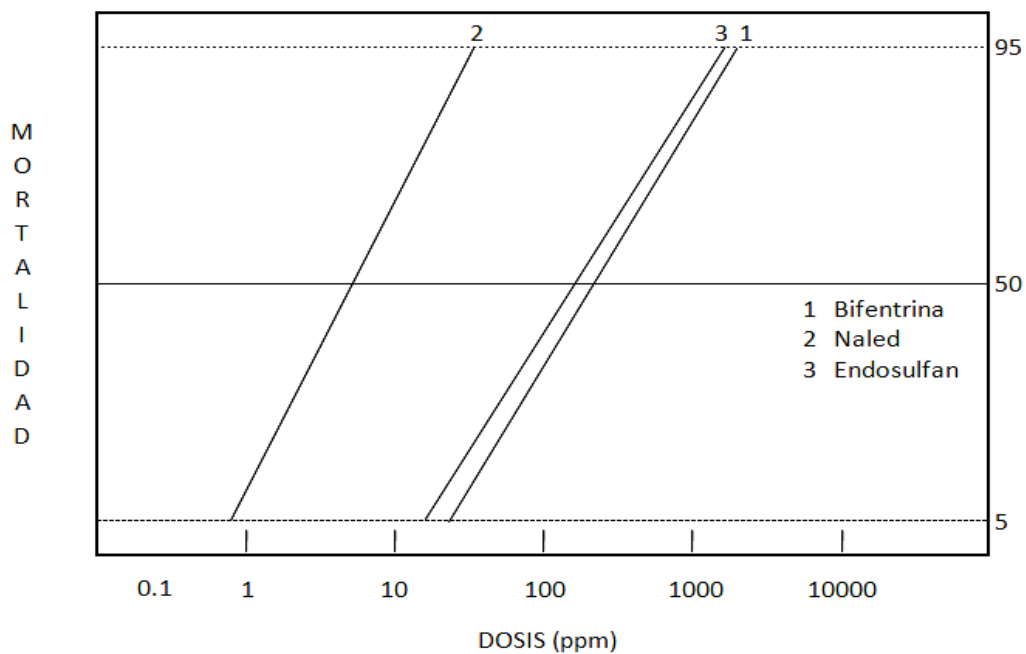


Figura 2.- Líneas de respuesta dosis – mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de *Tribolium castaneum* a temperatura de 35 °C.

Comparación de límites fiduciales (CL₅₀)

En la figura 3 se comparan los límites fiduciales de Bifentrina, Naled y Endosulfán a 24 hrs de exposición y a una temperatura ambiente de ± 24 °C.

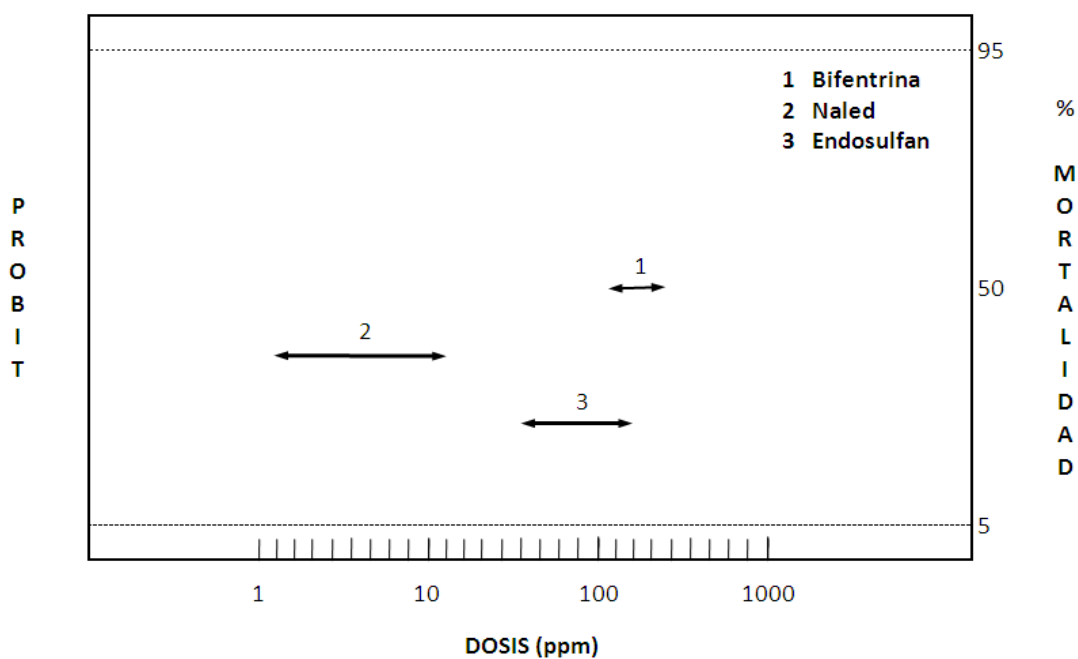


Figura 3.- Representación gráfica de límites fiduciales obtenidos a nivel de CL₅₀ de *Tribolium castaneum* a temperatura ambiente de ± 24 °C.

Como podemos observar los límites fiduciales, el naled no presenta traslape con ningún otro insecticida. Sin embargo los insecticidas de bifentrina y endosulfán presentan un traslape en sus límites fiduciales por lo que estadísticamente son similares.

En la Figura 4 se comparan los límites fiduciales de bifentrina, naled y endosulfán a las 24 hrs de exposición y a una temperatura de 35 °C.

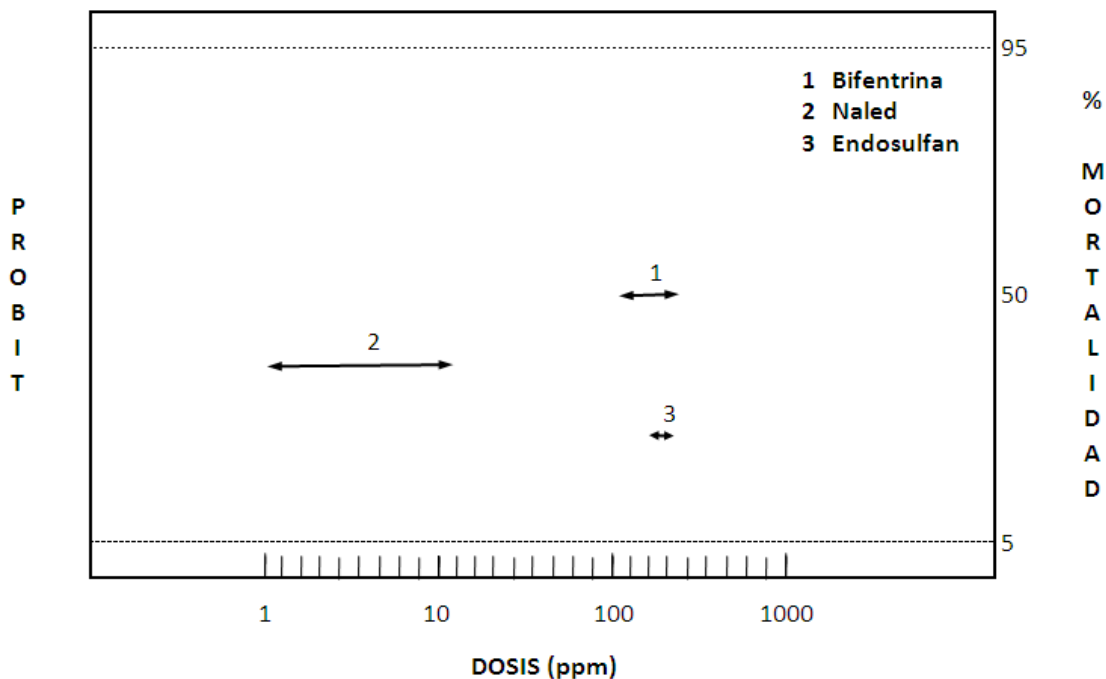


Figura 4.- Representación gráfica de límites fiduciales obtenidos a nivel de CL_{50} de *Tribolium castaneum* a temperatura de 35 °C.

Como se puede observar nuevamente el naled no presenta traslape con los otros dos insecticidas; mientras que bifentrina y endosulfán presentan traslape nuevamente por lo que estadísticamente son similares.

CONCLUSIONES

En base a las condiciones en que se desarrollo el experimento, podemos concluir:

- 1.- La temperatura afecta la acción y desempeño de los insecticidas
- 2.- Dependiendo de las propiedades químicas de los insecticidas responderán favorable o desfavorablemente hacia la temperatura.
- 4.- Los productos clorados que se utilizaron enormemente en décadas pasadas, no son una buena alternativa de control de estos insectos bajo condiciones de almacenaje, debido al aumento de la temperatura de los productos almacenados.
- 3.- La población evaluada en el presente trabajo presentó una alta tolerancia para el producto bifentrina

LITERATURA CITADA

- Andreev D, Kreitman M, Phillips TW, Beeman RW, French-Constant RH. 1999. Multiple origins of cyclodiene insecticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J Mol Evol.* 55: 615-24.
- Arias Velázquez, C. 1981 manual de procedimientos para el análisis de granos. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Akbar, W.; Lord, J. C.; Nechols, J. R. & Howard, R.W. 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology* 97: 273-280.
- Aguilera. 1991 Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsch, *Prostephanus truncatus* (HORN) y *Rhyzopertha*.
- Bennett G. W., Owens J. M. y Corrigan R. M. 1996. Guía técnica de Truman para operaciones de control de plagas. Editorial Purdue University.
- Borror, J. D.; DeLong, D. M. y Triplehorn, Ch. A. 1964. An introduction to the study of insects. Primera edición. Editorial Holt, Rinehart and Winston, U.S.A.
- CICOPLAFEST. 1994 Catálogo Oficial de plaguicidas, comisión Intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. SARH. México, D.F. p257.

- Chaddick, P. R. and F. leek. 1972. Further specimens of stored products insects found in ancient Egyptian tombs. J. Stored Prod. Res. 8; 83-86. U.S.A.
- Davidson; J. Dibble, M. Flint, P. Marere, A. Guye. 1991. Managing insects and mites with Spray oils. IPM Education and Publications. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3347. USA.47p.
- Davidson NA, Dibble JE, Flint ML, Marer PJ, Guye A. 1991. Managing insects and mites with spray oils. IPM Educ. Publ., Univ. Calif. Public 3347.
- Dirección general de Sanidad Vegetal. 1980. Principales plagas de los granos almacenados. Boletín informativo. S.A.R.H., México.
- Díaz. 1985. Actividades de aceites vegetales para proteger maíz almacenado contra el gorgojo *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae). Tesis Magíster en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados. Montecillo. Texcoco. México.73p.
- Dominica (FABR). Tesis Magíster en Ciencias. Colegio de Posgraduados. México.138p.
- FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. Manual de Capacitación. Roma .Italia.250p.
- Flint, H. M. & Doane, C. C. 1996. Comprensión de los Semioquímicos con Énfasis en Feromonas Sexuales de los Insectos en Programas de manejo Integrado de Plagas. USDA-ARS-WCRL.
- Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de poscosecha. Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp. 13-17.

- Gutiérrez, G. L. J., Y S. R. Jiménez. 1989. Distribución de los insectos que dañan los productos almacenados en algunas localidades de la república mexicana. XXIV. Congreso nacional de entomología. Primer simposio. Problemas entomológicos de granos almacenados. Oaxtepec, Morelos. Pp. 56-90.
- Khalequzzaman M. y Diba F.CH. 2003. Evaluation of mixtures of plant oils as synergists for pirimiphos-methyl in mixed formulations against *Tribolium castaneum* (Herbst). Online journal of biological sciences 3(3): 347-359, 2003 Issn 1608-4217.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. IPA la platina 81: 10-16.
- Larraín, P. 1982. Control de bruco con aceites vegetales IPA La Platina (11):36-37
- Lagunés, A. 1994. Extractos polvos vegetales, y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Posgraduados/USAID/CONACYT/BORUCONSA. México. 35 p.
- Lagunés, A. 1994. Toxicología de insecticidas. Colegio de Posgraduados. México 350 p.
- Lindbland, C. y Laurel D. 1979 almacenamiento del grano. Manejo, seca, silos, control de insectos y roedores. Primera edición. Editorial plenum, New York.
- Martin, H, (Ed.) 1971. Pesticide Manual British Crop. Protection Council. 495p.
- Metcalf RL, Luckmann WH. 1994. Introduction to insect pest management. New York: Wiley 3rd Ed. 650 p.

- Metcalf C.L. y Flint W.P. 1976. Insectos destructivos e insectos útiles. Editorial, McGRAW-HILL.
- Millis, A. 1990 handbook of pest control.7^a. Ed. Ohio, USA. 1152 pp.
- Mc Gaughey, W.H. 1985. Evaluation of bacillus thuringiensis for controlling indian meal moths (Lepidoptera: pyralidae) in farm grain bins and elevator silos. J. Econ. Entomol. 78(5):1089-1094.
- Muñoz, G. R. 1985. Insecticidas piretroides. Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas. Asociación Mexicana de la industria de plaguicidas y fertilizantes A. C. 374 p.
- Nájera, R. M. 1991. Ecología y control del barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* en el centro de Jalisco. INIFAP publicación especial No.5 México.
- Ramírez M. M. 1990 biología y hábitos de insectos de granos almacenados. Curso sobre insectos de granos y semillas de almacén. Aguascalientes, Ags. México. 1-51.
- Ramírez, G.M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. CECSA, México. 300 p.
- Ramírez, M. M., J. A. González J.J. Olmos y J. M Márquez 1993. Entomofauna en los sistemas de almacenamiento de maíz y sorgo de San Juan de los Lagos, Jalisco. Memorias del XXVIII congreso nacional de entomología. Soc. Mexicana de entomología Cholula, Puebla. P. 366.
- Rahman M. A, A.H.M.M. Haque, F. Ahmde, A.T. M. Hossain and M. F. Husaaninn. 2007. Efficacy of some commonly used insecticide on the red flour beetle *Tribolium castaneum* (HERBST) Int. J. Sustain. Crop Prod. 2(5):08-11.

- Rodríguez, C., y E. López. 2001. Actividad insecticida e insectatica de la chilaca (*senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. *Manejo integrado de plagas* 59: 19-26.
- SARH, 1980, principales plagas de los granos de almacenados, dirección general de sanidad vegetal.
- Shaaya E. y M. Kostyukovsky., 2007. Potencial de los fitoquímicos como una alternativa segura para el control de insectos de productos almacenados y flores de corte. En *Bioplaguicidas y control biológico*, editorial CIQA. 42-55p.
- Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J.C.; Rodríguez, D. Insecticidas vegetales; una vieja nueva opción en el manejo de insectos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, v.66, P.4-12, 2001.
- Sittig, M, (Ed.) 1980. *Pesticide manufacturing and toxic materials control Encyclopedia*. Noyes Data Corp. U. S. A. 810 p.
- Solomon, M. E. 1965. Archeological records of storage pests: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleóptera: curculionidae) from an Egyptian pyramid tomb. *J. stored prod. Res.* 1:105-107.
- Solórzano, G.R., 2006. *Métodos no tóxicos para el control de plagas agrícolas*. Editorial ALTERTEC.
- Stadler, T., M. I. Picollo, y E. N. Zerba. 1990 factores ecofisiológicos relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malathion en *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleóptera: curculionidae). *Boletín de Sanidad Vegetal sobre Plagas de Argentina*. 16:743-754.

- Vincent C, Hallman G, Panneton, Fleurat-Lessard F. 2003. Mangement of agricultural insects with physical control methods. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 261-281.
- White, D.G. Insects, mites, and insecticides in stored-grain Ecosystems. In: JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.; MUIR, W. (Ed.). *Stored Grain-ecosystems*. New York: M. Dekker, 1995. P.123-168.
- White, D.G.; Leesch, J. Chemical control. In: Subramanyam, B.; Hagstrum, D. (Ed.). *Insects in stored Products*. New York: M. Dekker, 1996. P.287-330.
- Williams, R. N. and E. H. Floyd. 1970. Flight habits of the maize weevil *Sitophilus zeamais*. *J. Ecob. Entomol.* 63(5):1585-1588.

APÉNDICE

Cuadro A1.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Bifentrina a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.

Bifentrina		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
100	60	26.6
250	60	36.6
500	60	50
1000	60	83.3
1500	60	90
2000	60	93.3

Cuadro A2.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Bifentrina a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.

Bifentrina		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
100	60	32
250	60	43
500	60	60
1000	60	88
1500	60	96
2000	60	99

Cuadro A3.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Naled a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.

Naled		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
1	60	6.6
5	60	10
15	60	73.3
20	60	90
25	60	93
30	60	96

Cuadro A4.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Naled a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.

Naled		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
1	60	10
5	60	25
15	60	53
20	60	86
25	60	93
30	60	99

Cuadro A5.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Endosulfán a las 24 horas de exposición, a temperatura ambiente de ± 24 °C.

Endosulfán		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
100	60	43
250	60	46
500	60	86
1000	60	90
1500	60	96
2000	60	99

Cuadro A6.- Respuesta de *Tribolium castaneum* expuestos a Endosulfán a las 24 horas de exposición, a temperatura de 35 °C.

Endosulfán		
DOSIS	# de individuos expuestos	% DE MORTALIDAD
0	60	0
100	60	26
250	60	38
500	60	56
1000	60	82
1500	60	86
2000	60	93