

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE DOS GRUPOS TOXICOLÓGICOS PARA  
EL CONTROL DE *Tribolium castaneum* (HERBST) (COLEOPTERA:  
TENEBRIONIDAE)**

**Por:**

**EVERTH LEVITH AVILA MARTÍNEZ**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Mayo de 2009**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE DOS GRUPOS TOXICOLÓGICOS PARA  
EL CONTROL DE *Tribolium castaneum* (HERBST) (COLEOPTERA:  
TENEBRIONIDAE)**

Presentada por:

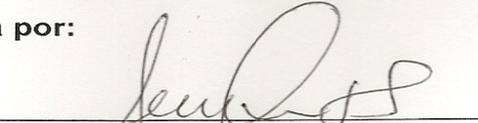
**EVERTH LEVITH AVILA MARTÍNEZ**

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

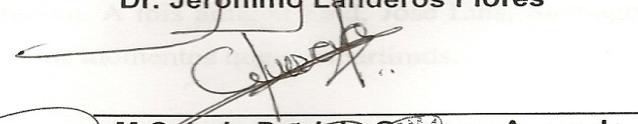
**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por:

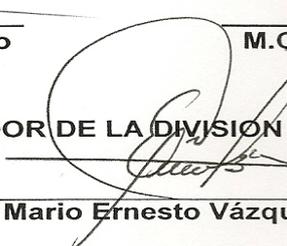
  
Dr. Ernesto Cerna Chávez

  
Dr. Jerónimo Landeros Flores

  
Ing. Santiago Pérez Ocampo

  
M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo

**COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA**

  
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Mayo de 2009

  
Coordinación  
de Agronomía

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme salud, vida y permitirme concluir con este proyecto, por guiarme en el camino de bien para cumplir con propósito de vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de superarme y concluir mis estudios de licenciatura.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez por haber depositado en mí la confianza para la realización de este trabajo, así como la paciencia y apoyo durante la revisión del mismo.

El Ing. Santiago Pérez Ocampo por ser mi apoyo durante la realización del trabajo de laboratorio.

A la Familias González García y Alfaro Briseño por todos sus consejos y regaños que sirvieron de mucho.

A todos mis compañeros de generación. A mis amigos Zaid, José Luis, Santiago, Humberto y Rafael siempre recordare todos los momentos que compartimos.

## DEDICATORIAS

A Dios:

Por hacer posible la vida y ser nuestro guía en el camino de la concordia, el amor, la verdad, la sabiduría y a quien debo la vida.

A mis padres:

Ramiro Ávila Liborio

Willulfa Delia Martínez Luvio

Por el inmenso amor que han derramado sobre mí, por todos sus ejemplos y consejos por medio de los cuales formaron mi ser; por sus sacrificios y fatigas. Por saber perdonar mis errores, por cada uno de los maravillosos momentos.

A mis hermanas:

Alma Delia Ávila Martínez

Natividad del Rosario Ávila Martínez

Su cariño es indispensable para que llegue hasta el final.

A mi novia:

Nydia González García

Por su cariño, confianza y sobre todo por el amor que me tiene y yo a ella.

A la memoria:

De mi abuelitos Sergia Justina Luvio Mejía (Q.E.P.D.) y Pablo Martínez Zamora (Q.E.P.D) que me han dejado la mayor de las herencias “Amor por la familia”. De mi tía María Martínez Luvio (Q.E.P.D), de mi Prima Xochilt Casiano Martínez (Q.E.P.D) que me enseñaron que la vida hay que disfrutarla al máximo.

Mis tíos:

Victoriana, Noelia, Yolanda, Isaura, Bernardino, Pablo, Armando, Fabricio, Martin, Clara, Gladimar, Luis Alberto, Emanuel Elpidio, Bertoldo, Pablo, Eulalia, Vicente, Ma. David, Rodrigo, Noé, Euno, Judith, Nohemí, Azucena, Froilán, Socorro, Ma. de la Luz.

Gracias a su cariño, comprensión, confianza y sobre todo amistad brindada.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Origen y evolución de los insectos plagas de almacén.....	4
Orígenes de las infestaciones de los granos.....	5
Clasificación y distribución de plagas.....	7
<b>GORGOJO CASTAÑO DE LA HARINA (<i>Tribolium castaneum</i>)</b> .....	8
Ubicación taxonómica.....	9
Alimentación.....	9
Importancia económica.....	10
<b>DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA</b> .....	12
Ciclo biológico.....	12
Estado de huevo.....	12
Estado de larva.....	13
Estado de pupa.....	13
Estado de adulto.....	14
Biología.....	14
<b>MÉTODOS DE CONTROL</b> .....	15
Control cultural.....	16
Control biológico.....	17

Control físico.....	17
Control químico.....	18
Fumigantes.....	20
<b>RESISTENCIA A INSECTICIDAS.....</b>	<b>21</b>
Resistencia por comportamiento.....	22
Resistencia Morfológica.....	23
Resistencia Fisiológica.....	23
<b>MÉTODOS DE DETECCIÓN DE LA RESISTENCIA.....</b>	<b>25</b>
Métodos directos.....	25
Métodos indirectos.....	26
<b>INSECTICIDAS EVALUADOS.....</b>	<b>26</b>
Grupo toxicológico de los Organofosforados.....	26
Malation.....	28
Grupo toxicológico de los piretroides.....	28
Deltametrina.....	30
Cipermetrina.....	30
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>43</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>44</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	CL <sub>50</sub> , CL <sub>95</sub> y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a 24 hrs de exposición.....	38
2	Coefficiente de correlación, chi cuadrada, grados de libertad y probabilidad de ocurrencia de la evaluación.....	40
A.1	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> al insecticida malation a las 24 hrs de exposición.....	51
A.2	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> al insecticida cipermetrina a las 24 hrs de exposición.....	51
A.3	Respuesta de <i>Tribolium castaneum</i> al insecticida deltametrina a las 24 hrs de exposición.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Líneas de respuesta dosis-mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> a 24 hrs de exposición.....	41
Figura 2	Limites fiduciales de respuesta dosis-mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de <i>Tribolium castaneum</i> .....	42

## **INTRODUCCIÓN**

En México cada año se dan a conocer informes sobre los efectos que las plagas causan en los almacenes de productos procesados derivados de los granos. Actualmente se puede estimar que las cifras de los daños causados son en promedio alrededor del 10% de la producción anual total producida; los daños provocados pueden ser en calidad y en cantidad afectando así los ingresos de los productores. Los efectos causados por ataque de insectos en las harinas son: mal olor y mal sabor, haciendo que el producto no sea apto para la panificación; lo que conlleva el desecho del producto por los daños causados por el ataque de los insectos.

Se han reportado a nivel mundial un gran número de especies infestando productos almacenados, en el caso de nuestro país se han reportado alrededor de 66 especies causando pérdidas considerables. A este grupo de plagas pertenecen

las especies del Género *Tribolium* (Coleóptera: Tenebrionidae), cuyas larvas y adultos se alimentan de granos partidos o lesionados por la infestación primaria, harinas, polvillo de granos, alimentos balanceados, frutas secas, etc. Además del daño directo, provocan olor y gusto desagradables a los productos que atacan. De este modo, una de las especies que mas perdidas causa en los productos almacenados es el gorgojo de las harinas (*Tribolium castaneum*), el adulto es capaz de volar, mide de 3 a 4 mm, de color café rojizo brillante, de forma alargada, ligeramente plana, antenas con los tres últimos segmentos marcadamente más grandes que el resto. El tamaño de los tres últimos segmentos de la antena y la distancia entre los ojos permiten diferenciarlo de *T. confusum*.

Existen diversas plagas que atacan a las harinas que causan grandes estragos en la industria harinera. En el catalogo de las plagas encontramos a *Tribolium castaneum* (Herbts) o gorgojo castaño de las harinas, una de las principales plagas de las harinas que más afecta a los productos almacenados. Se debe a su gran poder de adaptación al medio ambiente, lo que en muy poco tiempo genera grandes poblaciones en los lugares de almacenamiento, haciendo muy difícil su control.

Para la protección de los productos almacenados contra el ataque de estos insectos, se ha dependido del método químico, como el control más utilizado. Basado en un gran número de compuestos orgánicos altamente efectivos. Sin embargo el uso indiscriminado y la práctica tan popular de utilizar cuanta innovación

química sale al mercado, ha contribuido al desarrollo de problemas como la resistencia de esta especie a productos químicos, contaminación ambiental e intoxicaciones. De este modo, se hace necesario conocer el grado de eficiencia de los productos para el control de esta plaga, por lo que, plantea como objetivo: Determinar la  $CL_{50}$  de los insecticidas malation, cipermetrina y deltametrina en el control de *T. castaneum* bajo condiciones controladas de laboratorio.

Palabras claves: Piretroides, Organofosforados, *Tribolium castaneum*

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Origen y evolución de los insectos plagas de almacén**

Se cree que las plagas de almacén hacen su primera aparición en la era neolítica, cuando el hombre comenzó a criar animales domésticos, cultivar plantas y almacenar regularmente cereales en el octavo milenio a. de C., se cree que las especies conocidas hasta hoy como plagas de almacén se desarrollan primeramente en hábitats naturales y después se trasladaron o fueron trasladadas a los lugares donde se almacenaban los granos y cereales, ya que estos les proporcionaban condiciones para tener un buen desarrollo (Salomon, 1965).

Chaddick y Leek (1972) señalan que algunas de las especies de insectos se han relacionado con los productos almacenados y han sido encontrados en tumbas de la cultura egipcia; insectos como *Tribolium spp.* y *Sitophilos granarius* se encontraban en tumbas faraónicas de la sexta dinastía que datan alrededor de 2300 a 2500 a. de C. respectivamente.

### **Orígenes de las infestaciones de granos**

Los insectos tienen diferentes formas de desplazarse, hay algunas que tiene una gran capacidad de vuelo, otras lo hacen caminando y por ultimo pero no menos importante hay algunas que son más sedentarias. La mayoría de las veces las infestaciones ocurren en al campo, donde el grano es atacado antes de la cosecha (Ramírez, 1996). En otras ocasiones los insectos utilizan su capacidad de vuelo, recorriendo largas distancias desde el campo hasta los graneros y viceversa (Williams y Floyd, 1970).

Gutiérrez (1992), menciona que algunas especies son capaces de sobrevivir por largos periodos de tiempo cuando el alimento es insuficiente o algunas de las condiciones del medio son adversas para su supervivencia; cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de nuevas cosechas, dejan su estado de reposo para

multiplicarse en gran cantidad creando focos de infección, que a su vez pueden ingresar a los almacenes y destruir gran parte de la producción.

Otra de las causas de las infestaciones por insectos es cuando permanecen en los almacenes restos de semillas o harinas de temporadas pasadas, por lo que la posible infestación permanece latente (Pérez, 1988).

El nombre común de este insecto es gorgojo castaño de las harinas y fue descrito por primera vez en 1977. Es una plaga de los granos y productos almacenados como las harinas de trigo, maíz, sorgo, etc. Presenta distribución cosmopolita y para su desarrollo normal se encuentra en almacenes, bodegas y graneros (Ramírez, 1966). Sáenz (1994) señala que esta plaga generalmente habita en lugares secos y normalmente se le puede encontrar por las noches. También menciona que las larvas de *T. castaneum* se pueden desarrollar en maderas en descomposición que estas asociadas con los espacios subcorticales y el cambium.

## **Clasificación y distribución de plagas**

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

FAO (1979) reporta que en base al daño que ocasionan los insectos en granos almacenados se han agrupado en: especies primarias, que aunque relativamente pocas son capaces de dañar granos enteros y tienen gran importancia económica. Las especies secundarias son aquellas que atacan granos partidos o que previamente han sido dañados por las primarias y se multiplican con facilidad en los productos obtenidos de la molienda de granos. Por último, las especies terciarias se multiplican en granos y productos que presentan características de deterioro, ya sea causada por otros insectos o por microorganismos.

## **Gorgojo Castaño de la Harina (*Tribolium castaneum*, Herbst)**

*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 c.* La diferencia mas significativa entre las dos especies radica en las forma de las antenas. Los segmentos de las antenas del *Tribolium confusum* aumenta de tamaño gradualmente desde la base de la antena hasta el extremo terminal, en tanto que en el *Tribolium castaneum*, los últimos tres segmentos en el extremo de las antenas son de pronto mucho mas grandes que los segmentos que les anteceden (Arias, 1981).

Se dice que *T. castaneum* es un insecto de origen Indo-Australiano con un habitat cosmopolita, pero generalmente es un insecto de climas calientes (Mallis, 1990).

## Ubicación taxonómica

Borror *et al.* (1964), determinaron su posición taxonómica en la forma siguiente:

Phyllum.....artrópoda

Subphyllum.....mandibulada

Clase.....insecta

Subclase.....pterygota

División.....endopterigota

Orden.....coleóptera

Suborden.....polyphaga

Superfamilia.....tenebrioniodea

Familia.....tenebrionidae

Genero.....Tribolium

Especie.....castaneum

## Alimentación

Se denomina plagas secundarias a los insectos que se desarrollan generalmente sobre los granos rotos y perforados por los insectos primarios o sobre los derivados de los granos como son las harinas y otros productos más (Lindblad y

Druben, 1979). El gorgojo castaño de las harinas es un ejemplo característico de plaga secundaria, ya que no presenta capacidad de romper el pericarpio; esta falta de capacidad es debido a que no presenta aparato bucal masticador y difícilmente se desarrolla en granos limpios (Ramayo, 19939).

Appter (1993), reporta a estos insectos atacando granos y otros productos como chicharos, frijoles, nuez descascarada, frutas deshidratadas, especias, chocolate, medicamentos, chiles, así como especímenes de herbarios, insectos y otros tipos de productos, pero generalmente son atraídos por las harinas por el alto contenido de humedad.

### **Importancia económica**

Boxall (1991), señala que las estimaciones mundiales sobre pérdidas de granos almacenados que causan los insectos son del 5 a 35%. Descamps (2004) menciona que en Argentina las pérdidas en granos en postcosecha se estiman entre el 7 y el 10% de la producción total. Los daños que causan directamente en los granos, causan estragos en el peso, calidad, valor comercial y poder germinativo de las semillas, disminuyendo así finalmente los volúmenes para exportación del producto (Dal Bello y Padin, 2006).

*T. castaneum* es una de las plagas de almacén más representativas. Se han observado en estudios de laboratorio que esta plaga con una infestación inicial de 50 adultos/kg, arroja pérdidas económicas que variaron entre 0.212 % a los 20 días y 0.875% a los 90 días (Belloti, Adan, 1994, citados por Hernandez en 2008).

Appter (1993) señala que este insecto tiene mucha preferencia por las harinas en las que cava galerías. La harina contaminada por esta plaga adquiere una panificación difícil, además este insecto trasmite por sus excretas un tinte amorronado y un olor acre en las harinas, en las semillas de maní *T. castaneum* provoca un aumento notable del porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite que se extrae, además de generar humedad que se deposita sobre los granos y provoca su expansión en masa, lo proliferación del moho y de los hongos generadores de toxinas y así hasta llegar a la pudrición del grano.

Ramírez (1966) señala que las harinas fabricadas con granos atacados por estos insectos toman un característico color oscuro y un olor parecido al nabo. Además también provocan sabor desagradable a los productos que atacan (Dal Bello y Padin, 2006).

## **Descripción Morfológica**

## **Ciclo biológico**

El ciclo biológico de *T. castaneum* dura aproximadamente 20 días a 32,5° C y 70% de H.R la temperatura para su desarrollo varía de 20 a 37,5° C y la H.R. de 10 a 90%.(Dell'Orto Trivelli, 1985).

## **Estado de huevo**

Ramírez (1966) menciona que en este estado los huevecillos son depositados aisladamente en la harina o subproductos, recién ovipositados son húmedos y pegajosos, de tal manera que le permite adherirse y cubrirse por pequeñas partículas de harina, de los restos de granos o de polvo. Los huevecillos son pequeños de forma ariñonada, delgados, cilíndricos, redondeados en ambos extremos y de un color blanquecino; esta circunstancia dificulta considerablemente su localización.

En promedio una sola hembra es capaz de depositar 500 huevecillos. El periodo de incubación varia de cinco a doce días, la temperatura de óptima para el desarrollo de los huevos es de 27° C (Ramayo, 1983).

### **Estado de larva**

La larva madura mide alrededor de 4 a 5 mm y presenta un cuerpo duro y cilíndrico con apariencia de alambre, generalmente las larvas son de color blanco con tintes amarillos. El último segmento abdominal presenta dos prominentes y oscuras púas inmóviles no segmentadas, esta característica las hace diferente de otras larvas de otros insectos. El estado larvario de *T. castaneum* dura de 27 a 90 días de acuerdo con la temperatura y disponibilidad de alimento (Ramírez, 1966).

### **Estado de pupa**

Ramírez (1966) señala que la pupación tiene lugar generalmente sobre la superficie del alimento; la pupa tiene un color blanco al principio pero gradualmente se convierte en amarillento, teniendo en la parte dorsal ases de pelos como no es el caso de las larvas. El estado pupal dura alrededor de 6 a 9 días, en los meses cálidos de verano toma hasta 6 semanas; sin embargo puede prolongarse en los meses fríos de invierno.

## **Estado de Adulto**

De forma alargada, ligeramente plana, antenas en las que los tres últimos segmentos son marcadamente más grandes que el resto. Ojos grandes, redondos y la distancia que hay entre ellos es igual al diámetro de los ojos. El adulto capaz de volar, mide de 3 a 4 mm es de color café rojizo brillante. Las antenas de *T. castaneum* en últimos tres segmentos del extremo de las antenas son de pronto mucho más grandes que los segmentos que le anteceden, característica que ayuda a diferenciarlo de *T. confusum* (Arias, 1981).

Appter (1993) menciona que los élitros son fuertemente estriados en sentido longitudinal.

## **Biología**

En condiciones optimas, *T. castaneum* tiene una duración promedio de vida de 6 meses. Desde los tres días de vida las hembras ponen una docena de huevos diariamente, los cuales nacen a una temperatura de 30° C al cabo de 5 días. Los huevos se depositan en desorden sobre los productos y difícilmente se observan a simple vista. Las larvas circulan libremente por el producto infestado y se convierten

en pupas sin capullos, la vida larvaria dura casi 3 semanas y el adulto emerge de la ninfa, seis días después de formarse. *T. castaneum* es una especie cuya temperatura optima se sitúa entre los 32 y 35° C, el desarrollo se detiene por debajo de los 22° C; resiste muy bien la baja humedad. Adultos y larvas son capaces de llegar al canibalismo frente a los huevos y ninfas. Es capaz de alimentarse de hongos que invaden los restos de los productos en los almacenes (Appter, 1993).

### **Métodos de Control**

Desde la antigüedad se han desarrollado infinidad de métodos de control para combatir y erradicar las plagas de almacén que han sido una gran molestia para los pequeños y grandes productores, que han realizados diferentes métodos de control. Donde han incluido medidas físicas, biológicas, de origen vegetal y últimamente se han desarrollado nuevos compuestos de síntesis química, siendo este ultimo el más utilizado y más importante (Hernández, 2008).

## **Control cultural**

- Evitar daños temprano en el campo de los granos.
- Las cosechas tempranas disminuyen el tiempo de exposición al ataque de plagas primarias en zonas de alta incidencia.
- Limpiar los lugares de almacenamiento, los que deben estar libres de gorgojos y derrame de granos antes de almacenar los productos provenientes de campo.
- Evitar colocar los sacos directamente en el piso; usar tarimas.
- Evitar usar sacos viejos y rotos (Matute y Trabanino, citados por Bacopulos en 2003).

## **Control biológico**

Ramírez *et al* (1993) reportan que en México existen tres especies de depredadores de plagas de granos almacenados que son: *Cephalonomia torsalis*, *Tenetriosoma nigresces* y *Xilocoris flavipes*.

Un ejemplo exitoso de control biológico en plagas de granos almacenados es *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidóptera: Pyralidae), que se ha podido controlar mediante la aplicación de *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria actúa ocasionando una reducción de las infestaciones en más de un 80% (Mc Gaughey, 1985).

## **Control físico**

Shaaya y Kostyukosky (2007) señalan que los métodos físicos tradicionales son, el exponer al sol los granos sanos e infectados, así como utilizar humo y mezclar el grano con diversos materiales como cenizas, arena, tierra de diatomeas, cal y aceites.

Los métodos utilizados de control físico se agrupan en 3 clases: pasivos, activos y el último grupo denominado misceláneos (Vincent *et al.*, 2003).

Metcalf (1994) señala que los insecticidas siguen y seguirán siendo utilizados extensivamente. Sin embargo, más de 540 especies de insectos han resultado ser resistentes a los insecticidas sintéticos.

### **Control químico**

Uno de los métodos más utilizados para el control del gorgojo castaño es sin duda el control químico, aun cuando existen controversias acerca del uso de los productos para su control. El uso irracional de estos productos que se utilizan para el control del gorgojo castaño ha creado el fenómeno de resistencia a las dosis utilizadas y los productos comerciales, por lo que su control es cada vez más difícil, generando que la industria harinera busquen nuevas moléculas y/o aumentar las dosis de los productos químicos utilizados tradicionalmente.

La idea de combatir a los insectos plaga con productos químicos no es del todo nueva; por ejemplo, el azufre se utilizó desde el año 1000 a. de C.; y Plinio, en el año 79 d. de C. señalaba el uso del arsénico como insecticida; y en el siglo, los chinos ya aplicaban compuestos de arsénico con este propósito. Los materiales disponibles en 1940 eran principalmente sustancias inorgánicas, tales como el verde

de Paris o el arsénico, no siendo estos muy efectivos (Cremllyn, 1985 y Jeffs, 1986 citados por Bacopulos, 2003).

Las medidas de control convencionales se basan en la aplicación en la aplicación frecuente de fumigantes e insecticidas químicos residuales, que por que su amplio espectro de acción eliminan no solo a la plaga sino también a sus enemigos naturales. En el caso de los granos almacenados destinados al almacenamiento, 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, han inducido a desarrollar resistencia en *T. castaneum* a diferentes grupos toxicológicos de insecticidas (Akbar *et al.*, 2004).

Los primeros insecticidas por contacto fueron los organoclorados desarrollados a partir de los cuarentas, los pioneros en usarlos para el tratamiento de semillas fueron la Gran Bretaña, Canadá y Estados Unidos; siguiéndolos al principio de los cincuenta los organofosforados, algunos con efectos sistémico pueden causar resistencia microbial; en los setenta aparecen los carbamatos y en los ochenta los piretroides (Lagunes y Villanueva, 1995).

Lagunes (1991), señala que insecticidas con baja toxicidad para mamíferos y nula acumulación en el ambiente, son muy utilizados contra larvas de lepidópteros, también contra plagas caseras, y más recientemente se les ha autorizado en México

y otros países para ser utilizados contra plagas de granos almacenados. Además se utilizan gases tóxicos penetrantes y no residuales.

## **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 y que no pueden ser alcanzados por los otros insecticidas. Las principales desventajas de los fumigantes son que sus gases se evaporan 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).

Es importante señalar que al usar cualquier fumigante, se deben cubrir los sacos, silos o el local con plástico y bien sellada contra el suelo con pesas o cinta adhesiva, dejando cubierto por 1-5 días y luego se ventila de 1-2 días más antes de empezar a consumirlo (Lagunes, 1991).

Dentro del grupo de los fumigantes más utilizados para el control de plagas de granos almacenados son la fosfina y el bromuro de metilo, producto de uso común en varios países (Standler *et al.*, 1990)

Matute y Trabanino (1999) citan que dentro de los insecticidas que actúan como gases se tienen las fosfamidias (fosforo de aluminio), el cual es eficaz contra todas las etapas de desarrollo de los insectos (huevecillos, larvas, pupas y adultos) que atacan al grano almacenado.

### **Resistencia a Insecticidas**

Lagunes y Villanueva (1995) mencionan que la resistencia a insecticidas es una consecuencia de cambios genéticos que alteran procesos bioquímicos en forma cuantitativa y/o cualitativamente. Dichos cambios ocurren a nivel individual, pero se hacen aparentes en toda una población de insectos cuando la proporción de resistentes sea tal que se refleje una falla de control. Los mismos autores señalan que la susceptibilidad de los insectos a productos químicos fue reconocida en 1887, se registró el primer dato formal sobre resistencia en insectos.

Lagunes (1991), reporta que el término resistencia múltiple se usa cuando una población adquiere resistencia a varios insecticidas, tanto aquellos que han sido aplicados, como a otros que no han sido aplicados. En este caso la población posee varios mecanismos de resistencia de forma simultánea.

FAO (1979), indica que el control debe realizarse de acuerdo a las características del insecto y del almacén, ya que de lo contrario los tratamientos resultan ineficaces, costosos, peligrosos y a la larga facilitan la formación de individuos más resistentes a los tóxicos que se utilizan para su control.

Por otra parte la resistencia cruzada negativa se presenta cuando una población que ha adquirido resistencia a un insecticida, regresa a una susceptibilidad cercana a la original, como consecuencia de la aplicación de otro insecticida que es tóxicamente diferente (Lagunes, 1991).

Lagunes y Villanueva (1995) reportan que con el desarrollo de los insecticidas orgánicos se pensó que los insectos plaga estaban destinados a desaparecer; sin embargo, a pesar de las aplicaciones continuas contra plagas, éstas persistían e inclusive tendían a incrementarse, debido a que muchos individuos no mueren por desarrollar resistencia al insecticida aplicado. Clasificando a la resistencia en tres tipos, las cuales se precisan:

1) **Resistencia por comportamiento.-** Se refiere a los patrones que contribuyen a la resistencia, estos pueden ser hábitos tales como la preferencia a descansar en áreas no tratadas con insecticidas en lugar de áreas tratadas, o bien la

detección del insecticida y la tendencia a evitarlo antes de ponerse en contacto con el (Carrillo, 1984).

La interrupción de la exposición al insecticida por parte del insecto se puede deber a una acción irritante o bien a una acción repelente. La acción irritante que produce un insecticida en algunos miembros de la población, ocasiona que estos no sean controlados por el agroquímico. Por tanto, cuando dichos individuos se vuelven mayoría en la población, se dice que es resistente, cuando en realidad dichos individuos son más susceptibles que los normales, ya que son expuestos forzosamente al tóxico, su  $DL_{50}$  será menor que la de los individuos normales (Lagunes, 1991).

2) **Resistencia Morfológica.-** Se presenta cuando alguna característica morfológica ocasiona la resistencia, por ejemplo, una menor área de exposición al tóxico (Carrillo, 1984, citado por Bacopulos, 2003).

3) **Resistencia Fisiológica.-** Es el tipo de resistencia más importante, los insectos adquieren resistencia por dos formas, por acción de un mecanismo de protección o por insensibilidad en el sitio de acción. Con fines de manejo, los tipos de resistencia se reagrupan en mecanismos de resistencia metabólicos y no metabólicos. Son mecanismos metabólicos cuando involucran cambios enzimáticos y

no metabólicos cuando se refiere a cambios en sensibilidad del sitio activo, en la tasa de penetración, almacenamiento o excreción, así como el comportamiento o la forma de los insectos (Bacopulos, 2003).

Lagunes y Villanueva (1995) señalan algunas recomendaciones generales para retrasar la aparición de la resistencia, como son:

- Usar insecticidas con vida activa corta (no residuales).
- El plaguicida a usarse no debe estar relacionado con otro que se haya usado anteriormente con respecto a mecanismos de resistencia.
- La formulación no debe ser de liberación prolongada en el medio.
- Las aplicaciones deben realizarse cuando las poblaciones alcancen niveles de densidad relativamente altos, para evitar mayor número de aplicaciones.
- El porcentaje de selección debe ser solo el suficiente para mantener a la población por debajo del umbral económico.
- Seleccionar de preferencia adultos.
- Hacer aplicaciones localizadas, en vez de hacer cubrimientos totales.
- Deben dejarse algunas generaciones sin seleccionar.

## **Métodos de Detención de la Resistencia**

La detección de la resistencia a insecticidas se logra mediante pruebas de susceptibilidad a insectos, también llamados bioensayos. Los bioensayos se basan en pruebas de dosis o concentración-mortalidad, lo que usualmente se realiza en laboratorios. Sin embargo, estos tienen serias limitaciones, ya que requieren un gran número de insectos, de muestra a procesar y los resultados se pueden obtener mucho tiempo después.

**Métodos directos.-** Hay gran diversidad de tipos, dependiendo del insecto, insecticida a evaluar y el objetivo del mismo; consiste en la aplicación de una dosis única a un animal o en el incremento del estímulo en un periodo de tiempo, generalmente buscando una respuesta fisiológica. Nos permite detectar el nivel de la resistencia y la homogeneidad genética de la población en su respuesta al tóxico, la cual se observa en los valores de la posición de la línea y de la pendiente de la recta de regresión, obtenida mediante el procedimiento Probit; así a mayor pendiente mayor homogeneidad de la población, es decir, que poseen los mismos genes de resistencia y en la misma proporción entre individuos.

**Métodos Indirectos.-** Principalmente bioquímicos. Estos métodos consisten en la aplicación de una dosis a una muestra representativa, de manera que los resultados se atribuyen a el total de la población; correlacionan un alto nivel de una enzima o una relación enzimática específica, la resistencia comprobada en cierta colonia de insectos pueden ser cualitativos o cuantitativos, generalistas o específicos, según la metodología utilizada (Lagunés y Villanueva 1995).

### **Insecticidas Evaluados**

En México el Catalogo Oficial de Plaguicidas dependiente del COFEPRIS, reporta varios productos insecticidas autorizados para la protección.

### **Grupo toxicológico de los organofosforados**

Las reacciones del alcohol con el ácido fosfórico se estudiaron por primera vez por Lassaigne en 1820, hasta el año se remonta la química orgánica del fósforo (Cremlyn, 1995). El desarrollo de esta clase de insecticidas fue realizado en Alemania por el investigador Shrader, quien produjo los gases nerviosos altamente

activos como el tabun y el sarín, sus resultados han sido útiles tanto a la química orgánica como a la bioquímica (Barrera, 1976). Según Cremlyn (1995), en Cambridge, Sanders y sus colaboradores estudiaron los fluorofosfatos de alquilo, por ejemplo, el fluoruro tetrametilfosforodiamidico o dimefox.

Barrera (1976), señala que los primeros insecticidas fosfóricos pertenecían a esteres sencillos del ácido fosfórico, al que años después se añadió el parathion.

La mayoría de los organofosforados actúan como insecticidas de contacto, fumigantes y de acción estomacal, también se encuentran materiales sistémicos, que cuando se aplican al suelo y a las plantas son absorbidos por las raíces, tallos, hojas y cortezas; circulan en la savia haciéndola tóxica para los insectos que se alimentan de ellas. Los organofosforados presentan importante acción tóxica sobre la acetil colinesterasa, bloqueándola irreversiblemente. Durante la sinapsis el impulso es transmitido por la acetil colina, la cual es desdoblada por la colinesterasa (Ponce, 2006).

## **Malation**

La ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry, 2001), menciona que El malation es un insecticida que no ocurre naturalmente. El malation puro es un líquido incoloro, y el malation de calidad técnica, que contiene 90% de malation e impurezas en un solvente, es un líquido pardo-amarillento que huele a ajo. El malation se usa para matar insectos en cosechas agrícolas y en jardines, para tratar piojos en la cabeza de seres humanos y para tratar pulgas en animales domésticos. El malation se usa también para matar mosquitos y la mosca de la fruta en extensas áreas al aire libre.

## **Grupo toxicológico de los Piretroides**

Los piretroides son insecticidas de contacto y se obtienen a partir de las cabezas florales del crisantemo (*Crysantenum cinerariaefolium*). Los ingredientes activamente más altas se producen en las variedades que crecen en los altiplanos de Kenia (Cremllyn, 1995).

Barbera (1976), menciona que los investigadores Staudinger y Ruzicka en 1924, fueron los que aclararon la constitución de los piretroides. Las piretrinas I y II, cinerinas I y II y la jasmolina II fueron descubiertas por ellos. A partir de estos principios se condujeron estudios para desarrollar piretrinas sintéticas que junto a las naturales constituyen los piretroides. Los piretroides se pueden considerar como provenientes de un núcleo fundamental el ácido crisantémico.

Las piretrinas y piretroides aumentan su actividad insecticidas a bajas temperaturas, esto significa que presenta un coeficiente negativo de temperatura (termonegatividad). Estos afectan tanto el sistema nervioso central como el periférico de los insectos. Los piretroides estimulan inicialmente a las células nerviosas produciendo repetidas descargas y eventuales casos de parálisis. Estos efectos son causados por acción en los canales de sodio, a través de los poros por donde se permite la entrada a los axones para causar la excitación. Estos efectos son producidos en el cordón nervioso de los insectos. El efecto de los piretroides es más pronunciado que el DDT. El sitio exacto de acción de las piretroides en la sinapsis no es conocido, pero es probable que la acción tóxica sea bloquear un axón nervioso, en esencia los piretroides son moduladores en los canales de sodio; es decir la molécula del insecticida interfiere en los canales de sodio del sistema nervioso central y periférico, provocando parálisis y la muerte del insecto (Ponce *et al*, 2006).

Los piretroides actúan a nivel del axón sobre canales  $\text{Na}^+$ . La molécula del compuesto se fija al canal dejándolo abierto por un lapso de tiempo mayor. En otras palabras los piretroides producen cambios de permeabilidad en la membrana a nivel del axón a los iones Na. Este mecanismo también genera hiperexcitación y posterior bloqueo del impulso eléctrico, parálisis, postración y la muerte del insecto (Dow Agrosciens, 2002).

### **Deltametrina**

Bacopulos (2003), menciona que es un insecticida que pertenece al grupo de los piretroides, que actúa por contacto e ingestión contra plagas de almacén; ofrece protección completa y duradera de los granos, impidiendo su reinfestación por un periodo de 3 a 6 meses. Se puede utilizar en todos los cereales (trigo, maíz, arroz, sorgo), leguminosas y oleaginosas en forma directa al grano, en alimentos o semillas embolsadas y en instalaciones y transportes.

### **Cipermetrina**

Cyano (3-Fenoxi Fenil) metil-cis.trans-3 (2,2 dicloroetenil) - 2,2-dimetil ciciopropano carboxilato. (de Villar, 1985)

La cipermetrina tiene mayor actividad insecticida y es un poco más tóxica a mamíferos.

La Cipermetrina actúa sobre el insecto por contacto. Existe una acción directa tóxica, y una indirecta de repelencia que provoca el desalojo de los insectos de sus lugares o escondites.

Sobre el insecto origina una excitación del sistema nervioso periférico, que hace que el insecto agite sus miembros y alas, alejándose del lugar de tratamiento (flushing-out). Posteriormente es absorbido a través del exoesqueleto quitinoso de los insectos y otros artrópodos, tras lo cual estimula el sistema nervioso central, bloqueando la transmisión del impulso nervioso. Una vez ingresado el insecticida al cuerpo del insecto, provoca una parálisis del Sistema Nervioso Central (período de residencia) y el insecto queda paralizado (derribe y volteo) en este punto es donde entran en acción los agentes desintoxicantes y muchas de las veces logran recuperarse, sin embargo con el efecto del BPP tal caso no sucede y la plaga continua paralizada y al no poder alimentarse durante horas, muere por inanición. En los insectos adultos, también impide o altera la oviposición y la eclosión de larvas. (Ponce *et al*, 2006)

La cipermetrina ha sido ampliamente ensayada en el tratamiento de granos almacenados, habiéndose obtenido resultados satisfactorios de varios años de duración en combinación con el butóxido de piperonilo, caso que es válido solamente en ambientes totalmente desprovistos de luz, que es el caso de los silos herméticos (de Villar, 1985).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

La investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el departamento de Parasitología, en el laboratorio de Toxicología.

### **Material biológico**

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 por tres días a temperaturas bajas ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), con la

finalidad que no se presentara una contaminación por otras especies de insectos. Los recipientes fueron tapados con una tela de tul y asegurado con unas 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, para lograr un buen desarrollo de la población. Finalmente de la población madre se obtenían muestras de adultos cada semana, para que ovipositaran en otros frascos con harina limpia por un lapso de 72 hrs, con la finalidad de tener un buen control de la edad en el momento de los bioensayos.

### **Método de bioensayo**

El método de bioensayo utilizado en el desarrollo del presente trabajo fue el de película residual (FAO, 1974), utilizando diferentes concentraciones para dicho trabajo. La ubicación de las concentraciones se obtuvo mediante un estudio previo denominado ventana biológica que nos ayudo a partir de una concentración adecuada.

Para la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución de 10,000 ppm, que fue diluida en acetona para obtener las concentraciones deseadas. Dichas diluciones 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 cinco concentraciones más un testigo, dando un total de 18 unidades experimentales para cada insecticida a evaluar.

El bioensayo se realizo con insectos adultos de *Tribolium castaneum*, realizándose con una técnica conocida como película residual, que consistió en agregar 1 mL de la concentración deseada del aceite a cada frasco, para obtener una buena distribución, el frasco se rodaba para que la concentración cubriera toda la superficie de este.

Una vez que se logro 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. Posterior mente los frascos tratados fueron tapados con tela de organza, sujeto con bandas de hule. El tratamiento del testigo solamente fue tratado con 1 mL de acetona.

Las observaciones de mortalidad se realizaron a las 24 horas. Se considero como individuo muerto aquel que no presentara movilidad alguna. Utilizando una fuente de calor y una placa metálica en donde se colocaban los insectos y estos

salían huyendo del calor. Con los datos obtenidos se determinó los porcentajes de mortalidad de cada concentración, para posteriormente determinar la  $CL_{50}$  mediante el análisis probit.

Se evaluaron los insecticidas malation, cipermetrina y deltametrina.

### **Análisis estadístico**

Con los resultados de los bioensayos se realizaron los 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 ( $\chi^2$ ) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos en los bioensayos realizados mostrando los valores de  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$  y los límites fiduciales (inferior y superior), posteriormente se muestran los valores de  $\chi^2$ ,  $r^2$  y probabilidad y finalmente se muestran las líneas de respuesta dosis-mortalidad.

### Concentración letal (CL<sub>50</sub>)

Con respecto a los valores correspondientes a la concentración letal media, podemos observar en el Cuadro 1 que los insecticidas malation, deltametrina y cipermetrina muestran una CL<sub>50</sub> de 1448.35, 40.83 y 438.04 ppm respectivamente.

Cuadro 1. CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub> y límites fiduciales de los diferentes insecticidas usados contra poblaciones de *Tribolium castaneum* a 24 hrs de exposición.

Producto	Individuos	CL <sub>50</sub>	Límites Fiduciales		CL <sub>95</sub>
			Inferior	Superior	
Malation	240	1448.35	1183.11	1829.74	29950.67
Deltametrina	630	40.83	35.67	47.16	348.38
Cipermetrina	240	438.04	345.66	600.07	20554.62

Al respecto podemos mencionar que en los insecticidas evaluados presentaron diferente tipo de respuesta; al comparar nuestros resultados con otras investigaciones como la desarrollada por el Ministerio de Agricultura estadounidense en Kansas (2004) quien realizó una serie de ensayos para *T. castaneum* a productos como malation el cual mostró una CL<sub>50</sub> de 10.4 ppm muy bajo en comparación con el observado en este estudio (1448.35 ppm) y 14.31 ppm reportada por Afaz y Ara

(2006) que trabajo con esta misma especie y a temperatura de 24°C; y similares a los reportados por Casadio y Zerba (1996) quienes en un estudio con *T. castaneum* reportan CL50 de 890 a 2810 ppm.

Mientras que la CL50 de la deltametrina fue de 40.83 ppm, muy baja en comparación a la del malation (1448.35 ppm) esto es debido a que la deltametrina como la mayoría de los piretroides es mas eficaz en condiciones de elevada humedad (>16%), mientras que los organofosforados (malation) pierden rápidamente eficacia cuando aumenta la humedad (Ducom, 1987).

En lo que respecta a la cipermetrina la DL<sub>50</sub> fue de 438.04 ppm, muy superior a lo observado por Afaz y Ara (2006), quienes en un estudio con *T. castanum* a una temperatura de 24°C reporta 29.65 ppm; datos similares reporta Khalequzzaman y Khanom (2006) en un estudio con la misma especie la CL<sub>50</sub> fue de 56 a 124 ppm.

Como se puede observar la colonia de *T. castanum* utilizada para este estudio presento mayor resistencia a los insecticidas evaluados que los reportados para esta especie y esos mismos insecticidas por Casadio y Zerba (1996), Khalequzzaman y Khanom (2006), Afaz y Ara (2006).

## Valores de $\chi^2$ , $r^2$ , G.L y P

En el Cuadro 2 se muestran las pruebas de bondad de ajuste como son el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), chi cuadrada ( $\chi^2$ ) y la probabilidad de cada uno de los insecticidas evaluados.

Con referencia a la  $r^2$  se observa que el malation presenta un menor ajuste (0.68) con respecto a la deltametrina y cipermetrina (0.73 y 0.72 respectivamente), mientras que para la chi-cuadrada para todos los casos los datos observados con iguales a los esperados.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación, chi cuadrada, grados de libertad y probabilidad de ocurrencia de la evaluación.

Producto	$r^2$	$\chi^2$	p
Malation	0.68	0.89	1.63
Deltametrina	0.73	0.86	2.16
Cipermetrina	0.72	0.99	1.63

**Líneas de respuesta dosis-mortalidad y límites fiduciales ( $CL_{50}$ ).**

En la figura 1 se presentan los límites de respuesta para los insecticidas malation, cipermetrina y deltametrina. Para el insecticida malation, la población presenta homogeneidad de respuesta para este insecticida, caso similar lo presenta la cipermetrina, mientras que deltametrina población se presenta más heterogénea, al presentar individuos tolerantes y susceptibles en la misma población.

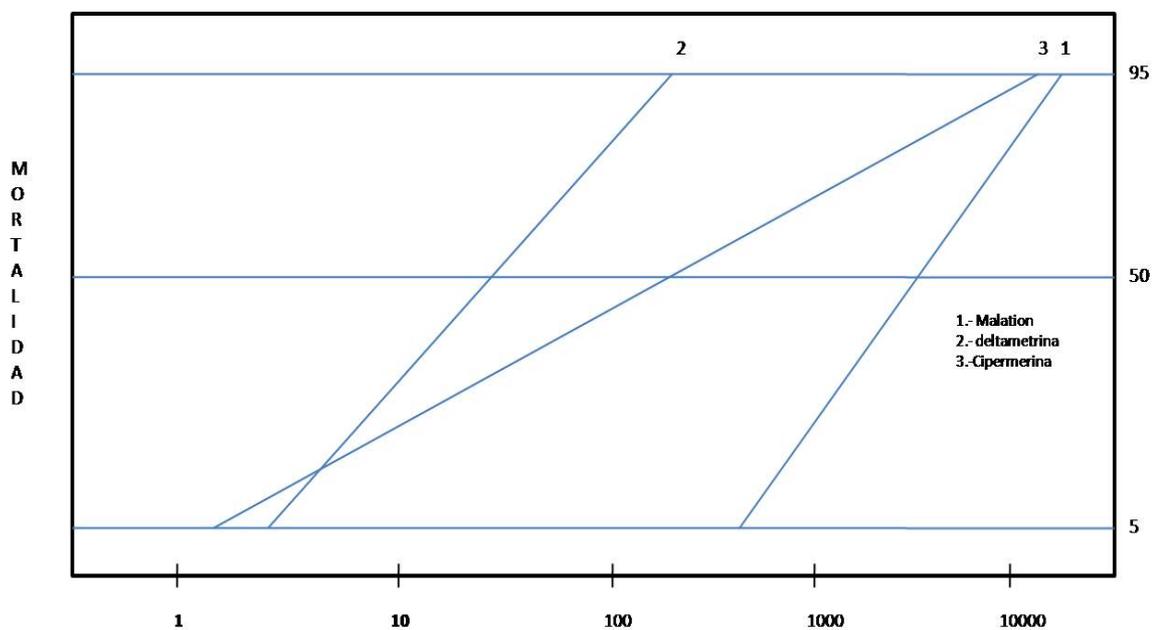


Figura 1. Líneas de respuesta dosis-mortalidad de diferentes insecticidas sobre poblaciones de *Tribolium castaneum* a 24 hrs de exposición.

En la figura 2 se muestran los limites fiduciales de los insecticidas malation, cipermetrina y deltametrina.

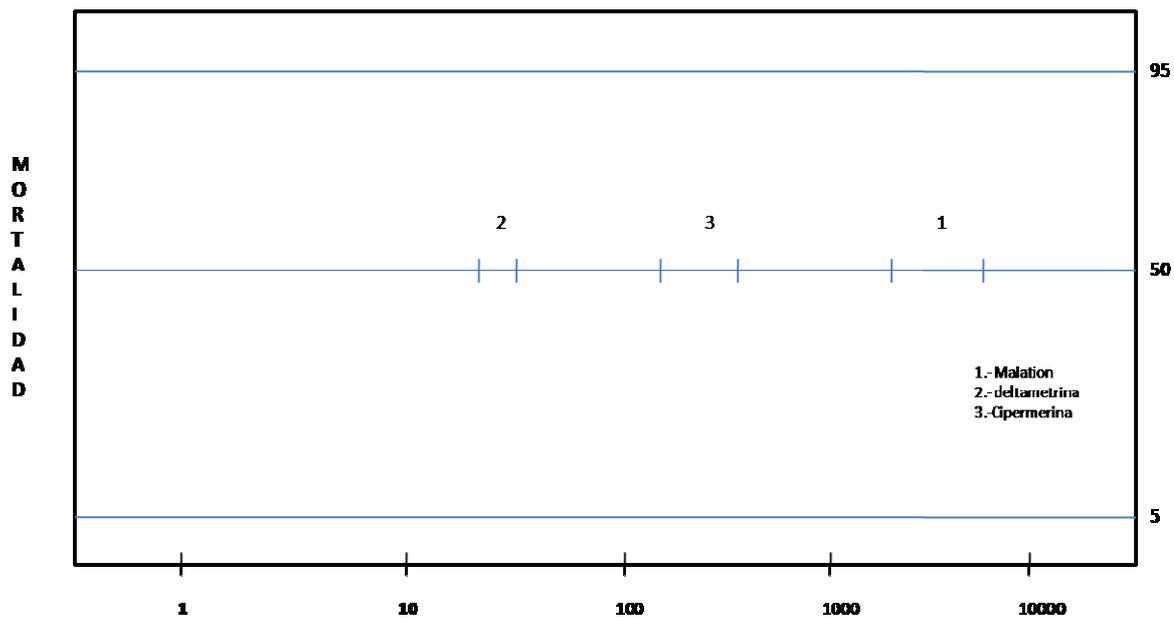


Fig. 2. Límites fiduciales de respuesta dosis – mortalidad de insecticidas sobre población de *T. castaneum*

## CONCLUSIONES

En base a las condiciones en que se desarrollo el presente trabajo podemos concluir que:

Los insecticidas del grupo toxicológico de los piretroides, deltametrina y cipermetrina presentan la mejor opción para el control de *T. castanuem* en comparación al malation del grupo de los organofosforados.

La diferencias en los valores de las  $CL_{50}$  de de los insecticidas piretroides (deltametrina y cipermetrina), puede deberse a las enzimas detoxificadoras que actúan con mayor eficacia sobre la cipermetrina.

## LITERATURA CITADA

Afaz U. M. and Ara N. 2006. Temperature effect on the toxicity of six insecticides against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbest). *J. Life Earth Sci.*, Vol. 1(2): 49-52.

Anonymous, 1993. Alternatives to methyl bromide: Assessment of Research Needs and Priorities. Proceeding from the USDA Workshop on Alternatives to Methyl Bromide. United State Departament of Agriculture, Arlington, Virginia.

Appter J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Primera edición.

Arias, V. C. J. 1985. Programa de prevención de pérdidas de alimentos postcosecha. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Arias, Velázquez, C. 1981. Manual de procedimientos para el análisis de granos. Universidad Autónoma Chapingo, México.

ATSDR. 2001. Malation. División de toxicología. EE.UU.

Bacopulos, M. E. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* Mutschulsky en almacén con aplicación de Clorpirifos metil, Deltametrina y su efecto en la calidad de semilla de Maíz. Tesis de maestría. Tecnología de semillas. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Mex.

Benett. G. W., Owens J. M. Y Corrigan R. M. 1996. Guía técnica de Truman para operaciones de control de plagas. Editorial Purdue University cuarta Edición.

Borror, J. D; D. M de Long y Ch. A. Triplehorn.1964. An introduction to the study of the insect. Primera edición, editorial Holt, Rinehart and Winston,U.S.A.

Carod B. E. 2002. Insecticidas organofosforados “De la guerra química al riesgo laboral y domestico”. Revista MEDEFAM vol. 12 no. 5

Carrillo, R. H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas del gusano cogollero del maíz (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados en ciencias agrícolas. Chapingo. México, D. F.

Casadío A. A. y Zerba E. N. 1996. Desarrollo poblacional de *Tribolium castaneum* (Herbst), en diferentes dietas y su influencia sobre la toxicidad y resistencia a malation. Artículo científico de Bol. San. Veg., Plagas. 22: 511-520

Cremlyn, 1985. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed Limusa. México.

Dal Bello G. y Padin S. 2006. Olfatometro simple para evaluar la actividad biológica de aleloquímicos vegetales en *T. castaneum* Herbsts (Coleoptera: Tenebrionidae). Revista agrocencia. Vol. X No. 2 Pp. 23-26.  
<http://www.fumipaq.com.mx/fumilym/Doclegaltec/productos>

De Villar, P., Seccacini, E. y Zerba E.N. 1985. Resistencia a malation en insectos plaga de grano almacenado de la República de Argentina. IDIA. 441-444; 59-63.

Ducom, P. 1987. Dernieres tendances dans la protection des grains stockés. Phytoma. Défense des cultures, 385:38-39

FAO, 1979. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. FAO plant protection bulletin.

FAO, 1985. Producción y protección vegetal, procesamientos de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas, ONU para la agricultura y la alimentación. Roma.

Favela O. A. 1968. Trigo almacenamiento y su preservación de insectos en la región Norte de los estados de Sonora y Baja California. Universidad Autónoma de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura. Almacenes Nacionales de Depósito, S. A.

Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de postcosecha. Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp. 13-17

Hernández H. A. 2008. Evaluación de tres insecticidas de diferente grupo toxicológico para el control de *T. castaneum* Herbts. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., Mex.

Khalequzzaman M. and Khanom.M. 2006. Effects of cypermethrin alone and in combination with leaf and seed extracts of neem against adult *Tribolium castaneum* (Herbst). Univ. j. zool. Rajshahi Univ. Vol. 25, 2006. pp. 45-49

Lagunes, A. 1991. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Centro de entomología y acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillos-Chapingo, Mex. Pp. 195

Lagunes, A. y J. A. Villanueva, 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México D. F.

Lindblad C. y Laurel Druben, 1979. Almacenamiento del grano.

Metcalf RL, Luckmann WH. 1994. Introduction to insect pest mangement. New York.

Ponce G. y Cantu P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. Revista salud pública y nutrición. Vol. 7. Numero 4. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L. México.

Ramayo R. L. F. 1983. Tecnología de semillas. Chapingo, México. Primera edición.

Ramírez G. M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Primera edición.

Sánchez A. Ernesto J. 2001. Selección y caracterización de cepas de *Bacillus thuringiensis* toxicas contra *Tribolium castaneum* (Herbst) y *Oryzaephilus surinamensis* (L). Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ciencias biológicas. San Nicolás de las Garzas N. L.

Vicent C., Hallman G., Panneton., Fleural-Lessard F. Mangement of agricultural insects with physical control methods. Annu. Rev. Entomol. 48: 261-281

# **APENDICE**

**Cuadro A.1. Respuesta de *Tribolium castaneum* al insecticida malation a las 24 hrs de exposición.**

dosis	v	m	v	M	v	m	% M	abbot	mes
4000	2	8	6	4	1	9	70.00	68.98	71
3000	4	6	2	8	4	6	66.67	65.53	66
1000	4	6	6	4	7	3	43.33	41.40	42
500	9	1	6	4	6	4	30.00	27.61	28
300	6	4	8	2	8	2	26.67	24.16	19
200	7	3	8	2	9	1	20.00	17.27	14
100	9	1	9	1	10	0	6.67	3.48	7
test	10	0	9	1	10	0	3.33		

**Cuadro A.2. Respuesta de *Tribolium castaneum* al insecticida cipermetrina a las 24 hrs de exposición.**

dosis	v	m	v	M	v	m	% M	Abbot	mes
800	2	8	3	7	4	6	70.00	67.86	61
500	4	6	5	5	5	5	53.33	50.00	54
400	4	6	5	5	6	4	50.00	46.43	49
300	5	5	6	4	6	4	43.33	39.28	37
200	7	3	5	5	6	4	40.00	35.71	34
100	7	3	7	3	7	3	30.00	25.00	27
50	8	2	6	4	8	2	26.67	21.43	18
test.	9	1	10	0	9	1	6.67		

**Cuadro A.3. Respuesta de *Tribolium castaneum* al insecticida deltametrina a las 24 hrs de exposición.**

dosis	v	m	v	M	v	m	% M	abbot	mes
100	6	24	5	25	13	17	73.33	72.42	76
80	9	21	15	15	4	26	68.89	67.83	70
50	7	23	17	13	10	20	62.22	60.93	57
30	8	22	24	6	11	19	52.22	50.59	42
20	14	16	29	1	27	3	22.22	19.57	30
10	24	6	26	4	26	4	15.56	12.67	14
5	26	4	27	3	29	1	8.89	5.78	5.5
1	27	3	30	0	30	0	3.33	0.03	
test	30	0	29	1	30	0	1.11		