

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de tres insecticidas de diferente grupo
toxicológico para el control de Tribolium castaneum
Herbst.**

Por:

ÁLVARO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de Ingeniero en Agrobiología

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico

Diciembre de 2008

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Agronomía

TESIS

Evaluación de tres insecticidas de diferente grupo toxicológico para el control
de Tribolium castaneum Herbst.

Por: Álvaro Hernández Hernández

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para obtener el Título de

Ingeniero en Agrobiología

Aprobada por:



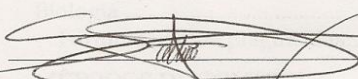
Dr. Ernesto Cerna Chávez

Presidente del jurado



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

Sinodal



Ing. Santiago Pérez Ocampo

Sinodal



Ing. Rigoberto Jiménez Cordero

Sinodal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía
Coordinación.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 2008

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Descripción general del gorgojo castaño de la harina <i>Tribolium castaneum</i> Herbst.	3
Origen y evolución de los insectos de almacén.....	3
Origen de las infestaciones de granos	3
Clasificación y distribución de plagas	4
Alimentación	6
Importancia económica.....	6
Descripción morfológica del gorgojo castaño de la harina.....	7
Estado de huevo.....	7
Estado de larva.....	8
Estado de pupa.....	8
Estado adulto.....	8
Biología.....	9
Formulación de plaguicidas	9
MÉTODOS DE CONTROL	10
Control biológico	10
Control físico	10
Control químico	11
Fumigantes	11
INSECTICIDAS EVALUADOS	12
Grupo toxico de los Organoclorados	12
Derivados de los ciclodienos.....	14
Endosulfan.....	15

Síntesis del endosulfan	15
Toxicidad	15
Modo de acción.....	16
Grupo toxicológico de los organofosforados.....	16
Clorpirifos.....	17
Toxicidad	18
Modo de acción.....	18
Grupo toxicológico de los piretroides	19
Modo de acción.....	21
Bifentrina.....	21
Toxicidad	21
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Material biológico	23
Método de bioensayo	23
Análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Concentración letal (CL ₅₀)	25
Valores de X ² , r ² , G.L y P.	26
Líneas de respuesta dosis- mortalidad y límites fiduciales (CL ₅₀)	27
Comparación de límites fiduciales	28
CONCLUSIÓN.....	29
BIBLIOGRAFÍA	30
APÉNDICE	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dosis de control letal y limites fiduciales de los insecticidas evaluados en ppm.	25
Cuadro 2. Coeficiente de correlacion, chi cuadrada (X^2), grados de libertad (G.L) y probablidad de ocurrencia de la evaluacion de tres insecticidas de diferente grupo toxicologico.	26
Cuadro A. 1. Concentracion evaluada con el insecticida bifentrina y el numero de individuos observados y muertos de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> asi como el % de mortalidad corregida por Abbott, UAAAN (2008).	36
Cuadro A. 2. Concentracion evaluada con el insecticida clorpirifos y el numero de individuos observados y muertos de adultos de <i>Tribolium cataneum</i> en el laboratorio asi como el % de mortalidad corregido por Abbott, UAAAN (2008).	37
Cuadro A. 3. Concentracion evaluada con el insecticida endosulfan, numero de individuos observados y muertos de adultos y % de mortalidad corregido por Abbott.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lineas de respuesta dosis-mortalidad y una representacion grafica de los límites fiduciales (CL 50) de tres insecticidas sobre poblaciones de <i>T castaneum</i>	27
Figura 2. Limites fiduciales obtenidos en los insecticidas bifentrina, clorpirifos y endosulfan.	28
Figura A. 1. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de bifentrina aplicada en <i>Tribolium castaneum</i>	36
Figura A. 2. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de clorpirifos aplicada en <i>Tribolium castaneum</i>	37
Figura A. 3. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de endosulfan aplicada en <i>Tribolium castaneum</i>	38

INTRODUCCIÓN

En México todos los años se han dado a conocer informes sobre el efecto que de las plagas en los almacenes de productos procesados derivados de granos. En la actualidad se puede estimar que las cifras de daños son en promedio del 10% del total anual que se produce; el daño provocado puede ser en calidad y en cantidad. El daño en la harina es de mal olor y mal sabor haciendo al producto no apto para la panificación; lo que conlleva a desechar el producto dañado por esta plaga.

Existen diversas plagas de la harina que causan grandes estragos en las industrias. Dentro del complejo de plagas *Tribolium castaneum* o gorgojo castaño de la harina es la principal plaga que mas esta afecta a los productos almacenados. Esto es debido a su gran adaptabilidad al medio ambiente lo que en poco tiempo genera grandes poblaciones en los almacenes haciendo difícil su control.

El método mas utilizado para el control de esta plaga ha sido el método químico, a pesar de que presenta controversias por el uso de estos productos. El uso indiscriminado de estos productos que se han venido utilizando para el control del gorgojo castaño de la harina ha creado el fenómeno de resistencia a ciertas dosis y productos comerciales por lo que su control es cada vez mas difícil, generando que los almacenistas busquen nuevas moléculas o incrementen la dosis de los productos tradicionalmente utilizados. Por lo que se planteo en la presente investigación determinar la CL₅₀ de insecticidas de diferente grupo toxicológico sobre adultos de *Tribolium castaneum*

Palabras clave: Evaluación, Insecticidas, *Tribolium castaneum*.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la concentración letal cincuenta (CL_{50}) de insecticidas de diferente grupo toxicológico para el control de Tribolium castaneum bajo condiciones de laboratorio.

Objetivos específicos

- Determinar la CL_{50} de los insecticidas bifentrina, clorpirifos y endosulfan.
- Obtener los valores de confianza de X^2 , r^2 , G.L. y P.
- Obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad y límites fiduciales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción general del gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* Herbst.

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 desarrollaran 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 granarius* 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 la infestación ocurre en el campo, al ser atacado el grano antes de la cosecha (Ramírez, 1966). 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 desfavorables; 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 infestación por los insectos es cuando permanecen en el almacén remanentes de semillas o harina de temporadas pasadas, por lo que la presencia de infestaciones se da fácilmente (Pérez, 1988).

El nombre común de este insecto es gorgojo rojo de las harinas y fue descrito desde el año de 1977. Es una plaga de los granos y productos almacenados como son las harinas de trigo o de maíz, presenta distribución cosmopolita y para su normal desarrollo se encuentra en almacenes, bodegas y graneros. (Ramírez, 1966). Esta plaga generalmente habita en lugares secos y es más frecuente encontrarla por las noches según Sáenz (1994). El mismo autor menciona que las larvas también se pueden desarrollar en madera en descomposición que estan asociadas con los espacios subcorticales y el cambium.

Clasificación y distribución de plagas

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

En base al daño físico que ocasionan los insectos se han clasificado en tres categorías (Ramírez, 1990) que son:

Plagas primarias, aunque relativamente son pocas, son capaces de dañar granos enteros rompiendo la cubierta externa y tienen gran importancia económica (Gutiérrez, 1992).

Sitophilus granarius (L)

Sitophilus oryzae (L)

Sitophilus zeamais Motschulsky

Acanthoscelides obtectus Say

Zabrotes subfasciatus (Bohemian)

Prostephanus truncatus (Horn)

Rhyzopertha dominica (F)

Plodia interpunctella (Hubner)

Plagas secundarias: son aquellas que atacan granos partidos o que previamente han sido dañados por las primarias y se multiplican con gran facilidad en los productos obtenidos de la molienda de granos (Gutiérrez, 1992).

Tribolium castaneum (Herbst)

Tribolium confusum Duval

Oryzaephilus surinamensis (L)

Cryptolestes pusillus (Schonherr)

Plagas terciarias: son aquellas que se desarrollan después de que los insectos primarios y secundarios han efectuado su daño, Se alimentan de impurezas, granos quebrados, residuos dejados por los otros insectos y algunos se alimentan de los hongos desarrollados en el grano que sean deteriorado (Ramírez, 1990).

Alimentación

Se denominan plagas secundarias a los insectos que se desarrollan generalmente sobre los granos rotos y perforados por los insectos primarios o sobre los derivados de graos como son la harina. (Lindblad y Druben, 1979). El gorgojo castaño de las harina es un ejemplo característico de plaga secundaria, ya que no presenta la capacidad de romper el pericarpio; esta falta de capacidad es debido a que no presenta aparato masticador y difícilmente se desarrollan en granos limpios (Ramayo, 1983).

Estos insectos han sido reportados atacando granos y otros productos como son: chícharos, frijoles, nuez descascarada, frutas deshidratadas, especias, chocolate, medicamentos, chiles; así como especímenes de herbarios, insectos y otros tipos de productos pero generalmente son atraídos a la harina por el alto contenido de humedad. (Appert, 1993).

Importancia económica

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

El insecto *Tribolium castneum* es una de las plagas de almacén mas representativas (Adan 1994). Se ha observado en estudios de laboratorio que esta plaga con una infestación inicial de 50 adultos por kilo arrojo pérdidas económicas que variaron entre 0.212% a los 20 días y 0. 875% a los 90 días. (Belloti, 1996).

Este insecto tiene mucha predilección por las harinas en las que cava galerías. La harina contaminada por esta plaga adquiere una panificación difícil, además este insecto por sus excretas le transmite un tinte amarronado y olor acre a la harina. En las semillas de maní, los *T. castaneum*, provocan 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, la proliferación del moho y de los hongos generadores de toxinas y finalmente su podredumbre. (Appert, 1993).

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

Descripción morfológica del gorgojo castaño de la harina.

Estado de huevo

En este estado, los huevecillos son depositados aisladamente en la harina o subproductos, recién ovopositados son más bien húmedos y pegajosos, de tal manera que pronto se encuentran cubiertos por pequeñas partículas de harina, de otros productos o de polvo. Los huevecillos son pequeños, delgados, cilíndricos redondeados en ambos extremos y de un color blanquecino; esta circunstancia dificulta considerablemente su localización. (Ramírez, 1966).

En promedio una sola hembra llega a depositar 450 huevecillos. El periodo de incubación varía de cinco a doce días, la temperatura de 27 °C se ha observado que es la más propicia para su desarrollo. (Ramírez, 1966).

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 es de color blanco con tintes amarillentos. Su último segmento abdominal presenta dos prominentes y oscuras púas inmóviles no segmentadas (urogompí) esta característica la diferencia de las demás larvas de otros insectos según Ramírez. (1966). El mismo autor menciona que el periodo larvario dura de 27 a 90 días de acuerdo con la temperatura y disponibilidad de alimento.

Estado de pupa

La pupación tiene lugar generalmente sobre la superficie del alimento; la pupa es desnuda; al principio es blanca pero gradualmente se convierte en amarillenta, teniendo en la superficie dorsal haces de pelos como lo es el caso de las larvas. El estado pupal tarda de 6 a 9 días, toma unas 6 semanas durante los meses más cálidos del verano; sin embargo, puede prolongarse en los meses fríos del invierno (Ramírez, 1966).

Estado adulto

La cabeza el tórax y el abdomen son diferenciales (Ramírez, 1966). Las antenas están formadas por once artículos, siendo sus tres últimos segmentos más anchos y largos que los anteriores. El adulto mide de 2 a 4 mm. Presentan un color uniforme marrón rojizo a marrón negruzco. Fisiológicamente es delgado, alargado y rectangular, el tórax es más ancho que largo y los élitros son fuertemente estriados en sentido longitudinal. (Appert, 1993). El mismo autor menciona que este insecto presenta ojos grandes y la distancia que hay entre ellos es igual al diámetro de los ojos.

Biología

En condiciones optimas, el insecto tiene una duración promedio de vida de seis meses. Desde los tres días de vida la hembra pone todos los días una decena de huevos que nacen a 30 grados centígrados al cabo de cinco días. Los huevos se depositan en desorden sobre la mercadería y difícilmente se descubren. Las larvas circulan libremente por el producto infestado y se convierten en pupas sin capullos siempre a 30 grados centígrados, la vida larvaria dura casi tres semanas y el adulto emerge de la ninfa, seis días después de formarse. Es una especie cuyo optimo térmico se sitúa entre 32 - 35 °C, el desarrollo se detiene por debajo de los 22 grados centígrados y resiste muy bien la baja humedad. Adultos y larvas son capaces de canibalismo frente a los huevos y ninfas. Por último la especie puede alimentarse de hongos que invaden el stock (Appert, 1993).

Formulación de plaguicidas

En cantidades muy pequeñas, los pesticidas son biológicamente activos. Un plaguicida es raramente utilizado en su forma pura, el grado técnico después de fabricación puede ser formulado en herbicida, insecticida, fungicida y aun en otra clasificación, al final este es procesado para una forma directa de aplicación o por dilución para poder aplicar según Sánchez (1997). El autor define a formulación de un plaguicida como la condición física final en el cual el plaguicida es vendido para su uso. La formulación se define como el procesado de un compuesto plaguicida por cualquier método que mejora sus propiedades de almacenamiento, manipuleo, aplicación, efectividad, manejo y seguridad.

Los tipos de formulación pueden ser formulaciones secas con presentación en polvo, en gránulos y cebos secos; el otro tipo son del tipo formulaciones para aplicar en aspersiones entre los que se encuentran los polvos humectables, concentraciones emulsificables, emulsiones inversas y micro encapsulados según (Lozoya, 1997).

MÉTODOS DE CONTROL

Desde la antigüedad se han desarrollando métodos de control para combatir y erradicar las plagas de almacén que han sido una gran molestia para los pequeños y grandes almacenadores, que han realizado diferentes métodos de control. Donde han incluido medidas físicas, biológicas, de origen vegetal y últimamente se han creado nuevos compuestos de origen de síntesis química.

Control biológico

Ramírez et al. (1993) han reportado que en México existen tres especies de depredadores de plagas de granos almacenados que son: *Cephalonomia torsalis*, *Teretriosoma nigrescens* y *Xilocoris flavipes*.

Un ejemplo exitoso de control biológico de los 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) mencionan que los métodos físicos tradicionales son, el exponer al sol el grano. Así como utilizar, humo y mezclar el grano con diversos materiales como cenizas, arena, tierra de diatomeas, cal y aceites.

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

Sin embargo se dice 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 (Metcalf, 1994).

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. Asimismo, 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

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.

Un fumigante es un insecticida que ejerce su acción toxica en forma de gas. Los fumigantes por lo general se almacenan en forma líquida o solida. 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 o 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).

INSECTICIDAS EVALUADOS

En México el Catalogo Oficial de Plaguicidas dependiente del COFEPRIS, reporta varios productos insecticidas autorizados para la protección de productos almacenados, donde se pueden mencionar los siguientes:

Grupo toxico de los Organoclorados

Este grupo se caracteriza por presentar en su molécula átomos de carbono, hidrógeno, cloro y ocasionalmente oxígeno, así mismo contienen anillos cíclicos y heterocíclicos de carbono, son sustancias apolares y lipofílicos que conllevan poca reactividad química (Ponce, 2006).

Los compuestos organoclorados son altamente estables, característica que los hace valioso por su acción residual contra insectos y a la vez peligrosos debido a su prolongado almacenamiento en la grasa de mamíferos. Llanez, (2006).

La principal acción tóxica de los organoclorados se ejerce sobre el sistema nervioso, interfieren el flujo de iones a través de las membranas de las células nerviosas y aumentan la irritabilidad de las neuronas según la doctora Llanes, (2006).

El 1,1,1-tricloro-2,di-(p-clo-rofenil) etano, también llamado diclorodifeniltricloroetano o DDT es el miembro más importante dentro del grupo de los Organoclorados. Las propiedades insecticidas de los Organoclorados fueron descubiertas en el año de 1939 por Muller de la compañía suiza, pero fue preparado por primera vez por Zaidler en 1874 (Cremlyn, 1995).

El funcionamiento, en general de los organoclorados se demuestra en una acción neurotoxica, ya sea alterando la transmisión del impulso nervioso debido a un cambio en la permeabilidad de la membrana nerviosa a los iones de sodio y potasio, lo que trae consigo la disfunción con descargas repetidas en la transmisión de los mensajes neuronales según Ponce (2006).

Derivados de los ciclodienos

Bajo esta denominación se engloban aquí tres grupos de insecticidas que se caracterizan por su similitud en su estructura, que consiste en un anillo cíclico con un doble enlace y un puente metilénico, el cual puede estar unido o no a otro anillo u otros grupos. (Barbera, 1976).

En estados avanzados de intoxicación, el insecto responde a los estímulos externos con temblores violentos. Se ha comprobado que bloquean la transmisión del impulso nervioso a nivel neuromuscular, es decir, bloquean el flujo clorinado dependiente del ácido gamma-aminobutírico (GABA) hacia el complejo acarreador de iones del receptor clorinado de GABA. También conocido como antagonista de la puerta-GABA de los canales de cloruro (Ponce, 2006).

En 1945 se reportaron las propiedades insecticidas del clordano, fue el primer miembro de un notable nuevo grupo de insecticidas organoclorados, estos compuestos se preparan a partir del hexaclorociclopentadieno por la reacción Diels- Alder. De manera general, esta reacción ocurre entre un dieno conjugado con un dienófilo; por ejemplo con el ciclopentadieno se prepara clordenio; el clordenio es solo el isómero endo. Este compuesto es solo ligeramente tóxico, pero la adición subsecuente de cloro a través de la doble ligadura dio lugar a compuestos altamente activos como el clordano que es una mezcla de los isómeros cis y trans. Posteriormente al mismo clordano se le adicionaron moléculas de peróxido de benzoilo resultando con ello el compuesto heptacloro. (Cremllyn, 1995).

En los tejidos animales, en los de los insectos y en los de las plantas, el heptacloro se convierte en un epóxido a partir de la adición de un oxígeno en un doble enlace el cual tiene un efecto insecticida mayor al de su predecesor. (Cremllyn, 1995).

Endosulfan

El endosulfan, es el pesticida organoclorado que ocupa hoy día el 1er lugar en uso por los países industrializados. A diferencia de otros organoclorados "históricos", su uso es frecuente y su empleo en áreas de agricultura intensiva es una práctica habitual. (Llanes, 2006).

Por su constitución química, el endosulfan pertenece a la serie de los insecticidas Derivados del bicloroheptano junto con el telodrín, ciclodán y bromadán. (Ponce, 2006).

El nombre IUPAC para el endosulfán es 6,7,8,9,10,10-hexacloro-1, 5,5 a, 6,9,9 a-hexahidro-6 ,9-methano-2 ,4,3-benzodioxathiepine-3 - óxido. (Schmidt y Hapeman, 1997).

Síntesis del endosulfan

Los insecticidas derivados del ciclodieno mas importantes son aquellos que contienen cuatro anillos fusionados de cinco miembros y se preparan por la adición de varios dienofilos al hexaclorociclopentadieno, entre ellos se encuentra el insecticida endosulfan y específicamente es un sulfitoester ciclico. (Cremlyn, 1995).

Toxicidad

El endosulfán afecta las neuronas de los insectos y mamíferos por su toxicidad, incluidos los seres humanos. La EPA de los EE.UU. clasifica como Categoría I: "altamente tóxicos" sobre la base de un LD₅₀ valor de 30 mg / kg para las ratas, mientras que la Organización Mundial de la Salud clasifica como clase II "moderadamente peligrosos" sobre la base de una rata LD₅₀ de 80 mg / kg. (EPA, 2002).

Los síntomas de la intoxicación aguda incluyen hiperactividad, temblores, convulsiones, falta de coordinación, asombroso, dificultad al respirar, las náuseas y los vómitos, la diarrea y en casos graves, pérdida de la vida. (EPA, 2002).

Modo de acción

Uno de los principales efectos del tóxico sobre el sistema nervioso es interferir el flujo de iones, específicamente del cloro, que es regulado por el ácido gamma-aminobutírico (GABA), lo que aumenta la irritabilidad del tejido nervioso. Vale y Cols demostraron en un estudio con mamíferos intoxicados experimentalmente, que el elemento clínico esencial que aparecía era el síndrome de excitabilidad dado por convulsiones de difícil control, el resto de los autores plantean similares elementos clínicos de presentación. (Llanes, 2006).

Grupo toxicológico de los organofosforados

Las reacciones del alcohol con el ácido fosfórico se estudiaron por primera vez por Lassaigne en 1820, hasta este año se remonta la química orgánica del fósforo. (Cremlyn, 1995). El desarrollo de esta clase de insecticidas fueron realizadas 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. (Barbera, 1976). Mientras en Cambridge, Sanders y colaboradores estudiaron los fluorofosfatos de alquilo por ejemplo el fluoruro tetrametilfosforodiamídico o dimefox. (Cremlyn, 1995).

Los primeros insecticidas fosfóricos pertenecían a ésteres sencillos del ácido fosfórico, por ejemplo el TEPP, HETP a los que se añadió posteriormente el parathion. (Barbera, 1976).

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 succionarla. (Ponce, 2006).

Los organofosforados presentan su acción toxica bloqueando importantes enzimas del sistema nervioso llamadas colinesterasas. Durante la sinapsis el impulso es transmitido por la acetilcolina, la cual es destruida por la colinesterasa, de esta manera la sinapsis puede ser anulada para otra transmisión. (Ponce, 2006).

En insectos el efecto de los organofosforados es principalmente afectar el sistema nervioso central, desde la unión neuromuscular no colinérgica . La unión neuromuscular química transmitida en insectos es ácido glutámico. (Ponce, 2006).

Clorpirifos

El clorpirifos viene como concentrado emulsionable, por lo que se debe diluir de acuerdo a la dosis recomendada para el tratamiento de granos y semillas de almacén; el concentrado emulsionable viene al 48% y es utilizado para tratamiento previo de almacenes. En presentación de polvo al 30% es utilizada para el tratamiento de granos para el consumo humano según Zamora (2003).

El nombre químico para el clorpirifos es : (0,0 -dietil 0-(3,5,6-tricloro-2-piridinil-fosforotiotato (Cardoza, 1997).

El clorpirifos o dursban fue descubierto por la Dow Chemical Company en 1965, y contiene el núcleo piradina; se prepara por medio de la reacción del

clorofosforo kioato de o,o, dimetilo con 3,5,5-tricloro-2-hidroxipiridina (Cremlyn,1995).

El corpirifos presenta actividad de amplio espectro, por contacto, ingestión o acción de los vapores y además es un insecticida no sistémico. Este insecticida retiene su actividad en el suelo de 2 a 4 meses y es valioso contra larvas de mosquitos y de la mosca común, mosca de la raíz de la col, afidos y palomillas del manzano y de invierno en árboles frutales; es moderadamente persistente (Cremlyn, 1995).

El clorpirifos ha sido utilizado ampliamente en restaurantes y casas así como también en un nivel alto en la estructura de control de plagas industriales y resulta efectivo contra el orden de las cucarachas (Blattoidea) y el orden de las termitas (Isóptera), también puede ser utilizado en plagas domesticas y sobre animales domésticos o mascotas (Cardoza, 1997).

Toxicidad

Este insecticida presenta una toxicidad para mamíferos con una DL₅₀ oral para ratas 160 mg/kg, y el producto se detoxifica rápidamente en los animales. (Cremlyn, 1995). La toxicidad oral aguda del clorpirifos sobre insectos es de 82 - 245 DL₅₀ OA (mg/ kg⁻¹ de rata) según Ponce (2006).

Modo de acción

Cremlyn (1995), menciona que aparentemente los insecticidas organofosforados inhiben la acción de varias enzimas pero la actividad inhibitoria más importante in vivo es contra la enzima acetilcolinesterasa; enzima encargada de catalizar la hidrólisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas. La acetilcolina es un transmisor químico que se encarga de transmitir impulsos nerviosos por la sinapsis. En ausencia de acetilcolinesterasa efectiva, la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico en

las uniones nerviosas lo que provoca la pérdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte.

La enzima acetilcolinesterasa presenta dos sitios reactivos principales; un sitio anionico cargado negativamente que se une a la parte cationica de la acetilcolina y el sitio estereatico que contiene el grupo alcoholico primario del aminoácido serina que ataca al átomo de carbono del carbonilo electrofilico del substrato (Cremlyn, 1955).

El compuesto organofosforado mimetiza al substrato acetilcolina natural ligándose al sitio estereatico de la acetilcolinesterasa. Subsecuentemente entra la enzima (EDC_2OH) y el compuesto organofosforado es del tipo bimolecular SN_2 y es un reflejo de la reacción normal en tres etapas de la enzima y la acetilcolina, primero se forma el complejo entre la enzima y el fosfato, posteriormente da lugar a la enzima fosforilada y en ultima reacción es hidrolizada lentamente para formar la enzima libre. En el último paso la enzima es hidrolizada rápidamente por el agua así la enzima se regenera muy aprisa y esto permite que la hidrólisis de la acetilcolina a colina sea catalizada eficazmente por la enzima., pero cuando un organofosfato está presente , la enzima fosforilada inactiva es muy lentamente hidrolizada en la enzima activa , esto debido a que la unión fosforo-oxigeno es mucho más fuerte que la ligadura carbono-oxigeno de la enzima acetilada. De este modo, el organofosfato envenena efectivamente la enzima por medio de la fosforilacion y en consecuencia se bloquea la hidrólisis eficiente de la acetilcolina en colina (Cremlyn, 1955).

Grupo toxicológico de los piretroides

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

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 estos autores. Apartar de estos principios condujeron al estudio para desarrollar piretrinas sintéticas que junto con las naturales constituyen los piretroides (Barbera, 1976).

Los piretroides se puede considerar como provenientes de un núcleo fundamental el ácido crisantémico: en la que la R representa un radical orgánico y X es un grupo éster que caracteriza a las piretrinas naturales y a las sintéticas u también a otro grupo Orgánico distinto (Barbera, 1976).

(Cremlyn, 1995), menciona que el piretro contiene cuatro componentes insecticidas principales llamados piretrinas: estos son ésteres de dos ciclopentenolonas (6;R=CH/CH₃) y dos ácidos ciclopropanocarboxílicos (7;R=CH₃ o CO₂ CH₃)' .

Los alcoholes (6;R' = -CH=CH₂ Y CH₃) se conoce como piretrolona y cinerolona , mientras que los ácidos carboxílicos (7;R=CH₃Y CO₂H) son los ácidos crisantémicos y piretrico.(Cremlyn, 1995).

Los trabajos realizados en la síntesis de los ácidos crisantémicos y de las ciclopentanolonas condujeron a la posibilidad de obtener piretroides sintéticos , entre los cuales el primero fue la aletrina, preparada a base de la esterificación del ácido (±) crisantémico-sintético (7;R=CH₃) con el alcohol aletrolona (6; R'=H) (Cremlyn, 1995).

En las piretrinas naturales y varias sintéticas el grupo X queda sustituido por un grupo éster , cuyo alcohol es la piretrolona en las piretrinas y la cinerolona en las cinerinas; en ambos casos la constitución es similar (Babera, 1976)

Modo de acción

Las piretrinas y piretroides aumentan su actividad insecticida a bajas temperaturas, esto significa que presentan un coeficiente negativo de temperatura. Estos afectan tanto el sistema nervioso central como el periférico de los insectos. Los piretroides estimulan inicialmente 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, los cuales presentan ganglios y sinapsis. El efecto de los piretroides es más pronunciado que el del DDT. El sitio exacto de acción de los piretroides en la sinapsis no es conocido, pero es probable que la acción tóxica de los piretroides es bloquear el axon nervioso. En esencia, los piretroides son moduladores en los canales de sodio. Esto es el veneno interfiere en los canales de sodio del sistema nervioso central y periférico, provocando repetitivas descargas nerviosas, provocando parálisis y la muerte. (Ponce, 2006).

Bifentrina

(Araya y Carazo, 2005) En estudios realizados en cultivos de tomate y chile mencionan que el insecticida bifentrina causa una mortalidad de entre el 80 y 90 % de población adulta de *Bemisia tabaci*.

El insecticida bifentrina pertenece al grupo toxicológico de los piretroides; la nomenclatura IUPAC determina el nombre estructural del insecticida bifentrina como 2metilbifenil3ylmetil (Z)(1RS,3RS)3(2cloro3,3,3trifluoroprop1enyl) 2,2, dimetilciclopropanocarboxilato.

Toxicidad

La bifentrina es un insecticida moderadamente peligroso para mamíferos, ya que presenta toxicidad oral DL_{50} 54 mg/kg y dermal > 2000

mg/kg para ratas; es considerado leve irritante dermal y ocular en conejos. Es prácticamente no tóxico para aves como codorniz y pato ($DL_{50} > 2000$ mg/kg); para organismos acuáticos es extremadamente tóxico, para peces como Trucha arco iris (CL_{50} : 0.15 μ g/l) y Dorado de Agallas azules (CL_{50} : 0.35 μ g/l) y altamente tóxico para organismos como abejas y considerado no tóxico para lombriz de tierra (Duque, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de toxicología de insectos que se encuentra ubicado en el departamento de parasitología de esta universidad. Fue *Tribolium castaneum* la especie utilizada para el estudio.

Material biológico

La investigación se desarrolló con una población de laboratorio de *Tribolium castaneum*. La cría se llevó a cabo en una cámara bioclimática bajo condiciones controladas a una temperatura de 30 °C y con una humedad relativa del 70%. La dieta consistió en harina de trigo.

Para obtener individuos jóvenes y someterlos a los tratamientos, la población de *T. 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 de 20 °C, los recipientes fueron tapados con una tela de tul asegurados por ligas, finalmente estos fueron colocados en la cámara bioclimática a la temperatura y humedad antes mencionada.

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 la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución madre que fue diluida en acetona para obtener las concentraciones

deseadas, dichas soluciones se realizaron justo al momento de realizar el bioensayo.

El bioensayo se llevo a cabo bajo condiciones ambientales entre los 20 y 25°C aproximadamente. El experimento con respecto al insecticida endosulfan consto de siete tratamientos con tres repeticiones cada uno más un testigo, utilizando en cada repetición 30 insectos adultos las concentraciones de endosulfan que se utilizaron fue de 2500,2000,1500, 1000,500 y 300 ppm. En cuanto al insecticida bifentrina el experimento consto de cinco tratamientos. En este experimento se utilizaron dosis de 50 a 20 ppm. Los tratamientos realizados con el insecticida clorpirifos etil fueron de 300, 200,100,50,10 y 3 ppm mas un testigo. En todos los testigos del experimento se utilizo un ml de cetona y en cada repetición se utilizo 1 ml de insecticida tomado de la solución correspondiente.

Las lecturas de mortalidad se tomaron a las 24 horas después de la aplicación. El criterio de muerte fue considerar muerto al gorgojo que se mantuvo inmóvil y que no reacciono a la temperatura que se le proporciono con una parrilla para posteriormente determinar la CL₅₀.

Análisis estadístico

Con los resultados de los bioensayos se realizaron los análisis probit, donde se obtuvo la CL₅₀, CL₉₅, línea de respuesta dosis-mortalidad y límites fiduciales que se grafico en papel logaritmico-probit, se estimó el valor de chi-cuadrada (X^2) y el coeficiente de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Concentración letal (CL_{50})

Con respecto a los valores correspondientes a la concentración letal media, podemos observar en el cuadro 1. que los insecticidas clorpirifos y endosulfan muestra una CL_{50} de 3.82, 23.88 y 785.91 ppm respectivamente sobre adultos de *T. castaneum*.

Al respecto podemos mencionar que todos los insecticidas evaluados presentaron una respuesta uniforme de toma de datos.

Cuadro 1. Dosis de control letal y límites fiduciales de los insecticidas evaluados en ppm.

Insecticida	CL_{50}	Límites fiduciales 95%		
		Inferior	superior	CL_{95}
Bifentrina	3.826964	223.604180	3091.293817	589.847068
Clorpirifos	23.889144	1387.48	17801.46	3518.9
Endosulfan	785.910005	2242.265094	3208.084474	2612.964023

Podemos observar que la bifentrina presento los valores más bajos de CL 50, seguido de clorpirifos y endosulfan. Al comparar nuestros resultados con otras investigaciones encontramos que Casadio y Zarbo (1996) mencionan una CL 50 de 20 ppm para bifentrina mientras que Hagra (1986) menciona una CL 50 de 1200 ppm para endosulfan. La razón de encontrar una mayor CL 50 en endosulfan es que esta población ha estado de una forma no directa a este producto.

Valores de X^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) y chi cuadrada (X^2) y la probabilidad de cada uno de los productos en evaluación. Como podemos observar oscilan entre un .7096 y .8843 por lo que podemos mencionar que existe una correlación entre las dosis aplicadas y la mortalidad observada. En relación a la X^2 podemos decir que hay valores bajos por lo que los puntos presentan poca diferencia entre la mortalidad observada y esperada.

Al respecto Romahn (1994) menciona que una r^2 alta y una X^2 baja presentan un buen ajuste en los resultados, por lo que los ajustes en esta investigación tienden de ser regulares a buenos.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación, chi cuadrada (X^2), grados de libertad (G.L) y probabilidad de ocurrencia de la evaluación de tres insecticidas de diferente grupo toxicológico.

Insecticidas	M esperada	r^2	X^2	Probabilidad
Bifentrina	83.9	0.7096	4.39	0.71
Clorpirifos	80.0	0.7935	0.27	1.14
Endosulfan	89.7	0.8843	29.09	0.71

Líneas de respuesta dosis- mortalidad y limites fiduciales (CL₅₀)

En la figura se presentan las líneas de respuesta para los insecticidas bifentrina , clorpirifos y endosulfan. Para el insecticida bifentrina, la población fue mas homogénea al toxico mostrando una pendiente de 0.751 con una CL₅₀ de 3.826 y una CL₉₅ de 589.847, seguido de la población tratada con clorpirifos con una pendiente de 0.758 con una CL₅₀ de 23.889 y una CL₉₅ de 3518.9 en cuanto al endosulfan la población de resultado mas homogénea con una pendiente de 3.174 y con una CL₅₀ de 785.90 y una CL₉₅ de 2612.96.

Por lo anterior podemos mencionar que la población de *T. castaneum* utilizada en este estudio presenta una gran variabilidad genetica en relación a la respuesta a los insecticidas debido a que existen individuos más susceptibles y altamente tolerantes, es por ello, que las líneas de respuesta dosis-mortalidad se encuentran muy inclinadas.

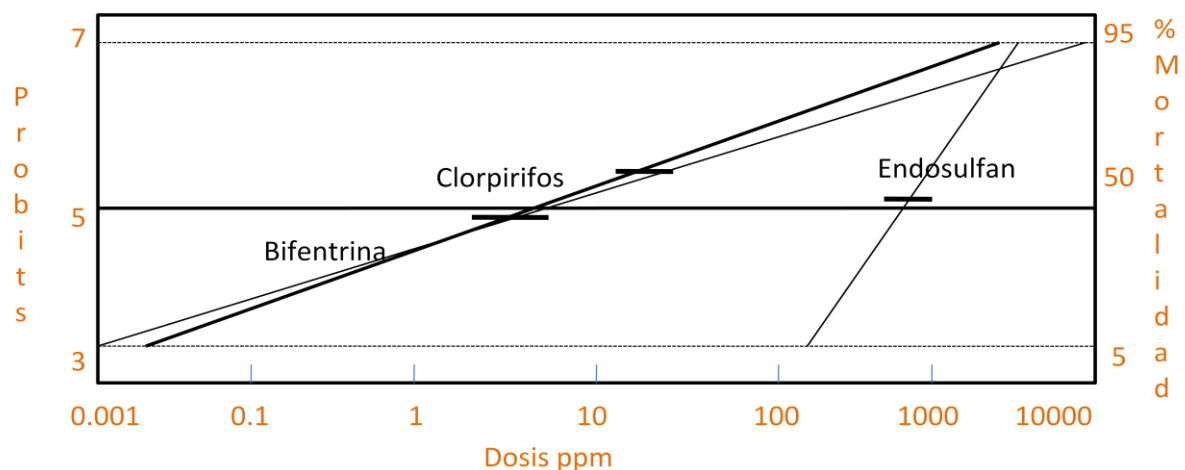


Figura 1. Líneas de respuesta dosis-mortalidad y una representación grafica de los límites fiduciales (CL₅₀) de tres insecticidas sobre poblaciones de *T. castaneum*.

Comparación de límites fiduciales

En la Figura 2 se comparan los límites fiduciales de los tres insecticidas bifentrina, clorpirifos y endosulfan, como podemos observar en ningún caso de los límites fiduciales muestran traslape, por lo tanto podemos mencionar que estadísticamente los resultados son diferentes.

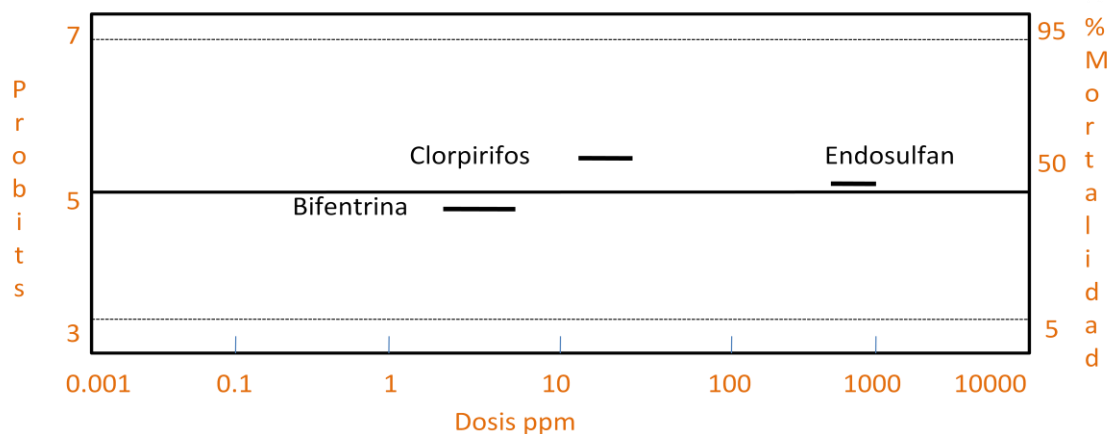


Figura 2. Límites fiduciales obtenidos en los insecticidas bifentrina, clorpirifos y endosulfan.

CONCLUSIÓN

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

- La población en estudio presento una gran heterogeneidad a la respuesta de los insecticidas.
- El mejor producto para el control de *T. castaneum* fue la bifentrina, seguida del clorpirifos.
- El producto endosulfan muestra altos valores de CL_{50} pero muestra una respuesta uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya R.L, Carazo R.E, Cartín L.V.M. 2005. Diagnóstico del uso de insecticidas utilizados contra *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate y chile en Costa Rica. Rev. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 75 p. 68-76, 2005.
- Anonymous, 1993. Alternatives to Methyl Bromide: Assessment of Research Needs and Priorities. Proceedings from the USDA Workshop on Alternatives to Methyl Bromide. United States Department of Agriculture, Arlington, Virginia.
- 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.
- Appert J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Primera edición.
- Adán A. y P. Del Estal. 1994. Efectos del hexaflumuron sobre la fecundidad y la fertilidad de *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). Bol. San Veg. Plagas, 20:371-377.
- Bustillo P y Villalba G. 1993. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). pp. 152-158.
- A, Aruias B. y Varvas O. 1996. Insectos y acaros dañinos a la yuca y su control.
- Barbera C. 1976. Pesticidas agrícolas. 1976. Primera edición.

- 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.
- Cardoza Nieves G. 1997. Evaluación del efecto residual de clorpirifos contra *Phylophaga crinita* y *Anómala* sp en papa *Solanum tuberosum* L.
- Cremlyn R.J. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. 1995. México.
- Cazadío A.A. y Zerba E.N. 1996. Desarrollo poblacional de *Tribolium castaneum* (HERBST) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDEAE), en diferentes dietas y su influencia sobre la toxicidad y resistencia a malation. Bol. San.Veg.Plagas.22.511-521.
- Dal Bello G. y Padin S. 2006. Olfatometro simple para evaluar la actividad biológica de aleloquímicos vegetales en *Tribolium castaneum* herbst (coleoptera: Tenebrionidae). Revista Agrociencia. Vol. X No 2, pag. 23-26.
- (FMC) <http://www.fumipaq.com.mx/Fumylim/DocLegalTec/Productos/>
- Duque Rodriguez G. A. 2007. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Resolucion 0059. Exp. 3732.
- FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. Manual de Capacitación. Roma .Italia.250p.
- Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de pos cosecha. Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp. 13-17
- Lozoya, E.D. 1997. Tesis evaluación de clorpirifos para el control de plagas de suelo en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de campo.

- L.R. Descamps, M.E. Reviriego, A.A. Suarez y A.A Ferrero. 2004. Reproduccion de *Sitophilus orizae* L. (Coleptera: Curculionidae) en cultivares de trigo argentinos. Bol. San Veg, Plagas, 30: 171-176.
- Lindblad C. y Laurel Druben. Almacenamiento del grano.1979.Primera edición.
- Llanes Mendoza O. y Gómez Hernández M. 2006.Intoxicacion aguda masiva por endosulfan. Inusual emergencia medica. Revista cubana de medicina intensiva y emergencias.
- 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.
- Ponce G. y Cantu P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. Revista salud pública y nutrición. Octubre-diciembre. Volumen 7. Numero 4.
- Ramayo L.F. Tecnología de granos.1983.Chapingo, México. Primera edición.
- 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.
- Ramírez Genel M.1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Primera edición.
- 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.

- Stadler, T., M. I. Picollo, y E. N. Zerba. 1990 factores ecofisiologicos relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malation en *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleóptera: curculionidae). Boletín san. Veg. Plagas Argentina. 16:743-754
- 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.
- Sanchez, P. R.1997. Tesis, Evaluación de la efectividad biológica de clorpirifos para el control de insectos plaga en el suelo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las zonas productoras de Coahuila y Nuevo Leon.
- Solomon, M. E. 1965. Archeological records of storage pests: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: curculionidae) from an Egyptian pyramid tomb. J. stored prod. Res. 1:105-107.
- Sáenz A. 2004. Artrópodos asociados con *Guadua angustifolia* almacenada en Pereira, Colombia. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. No. 71 pp, 59-66.
- SARH, 1980, principales plagas de los granos de almacenados, dirección general de sanidad vegetal.
- Schmidt WF, Hapeman CJ, Fettinger JC, Rice CP, and Bilboulia S, J. Ag. Food Chem., 1997, 45(4): 1023–1026.
- US EPA, Reregistration Eligibility Decision for Endosulfan, November 2002.

Zamora, C.G. 2003. Tesis Efecto de la residualidad de clorpirifos metil y deltametrina en la calidad de la semilla de maíz almacenada y el control de *Prostephanus truncatus* Horn.

Metcalf RL, Luckmann WH. 1994. Introduction to insect pest management. New York: Wiley 3rd Ed. 650 p.

Vincent C, Hallman G, Panneton, Fleurat-Lessard F. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. Annu. Rev. Entomol. 48: 261-281.

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 A. 1. Concentracion evaluada con el insecticida bifentrina y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Tribolium castaneum* así como el % de mortalidad corregida por Abbott.

Dosis (ppm)	Número de individuos		% de mortalidad corregidos por abbott
	Observados	Muertos	
50	90	72	79.550
20	90	71	78.323
10	30	17	55.623
5	90	44	47.648
1	90	35	37.4

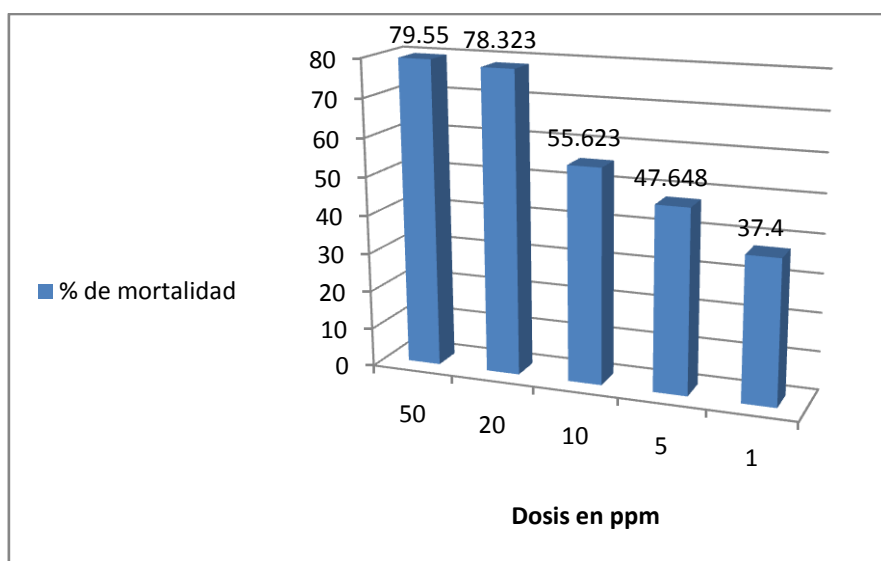


Figura A. 1. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de bifentrina aplicada en *Tribolium castaneum*.

Cuadro A. 2. Concentración evaluada con el insecticida clorpirifos y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Tribolium castaneum* en el laboratorio así como el % de mortalidad corregido por Abbott.

Dosis (ppm)	Número de individuos		% de mortalidad corregidos por abbott.
	Observados	Muertos	
300	20	16	80
200	20	15	75
100	20	14	70
50	20	12	60
30	20	10	50
10	20	8	40

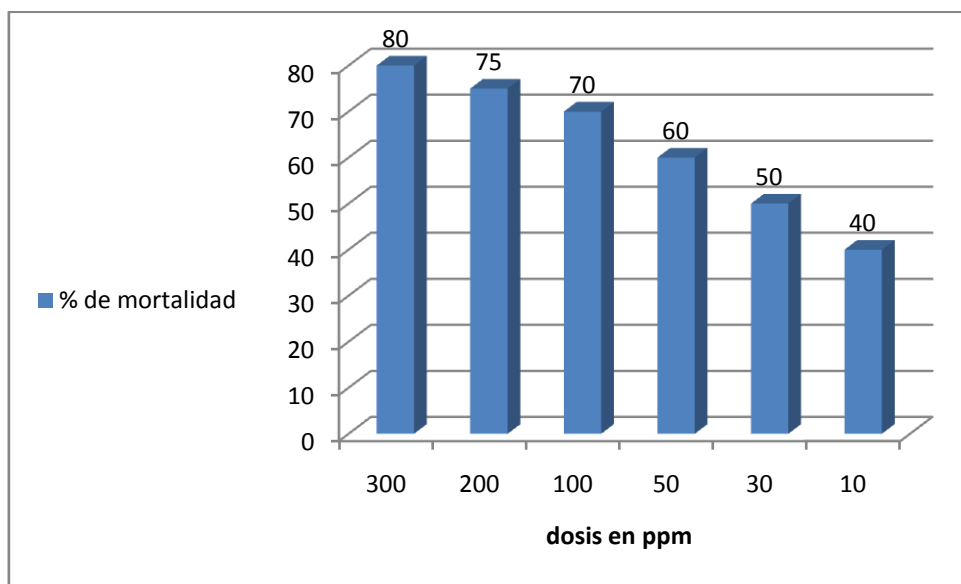


Figura A. 2. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de clorpirifos aplicada en *Tribolium castaneum*.

Cuadro A. 3. Concentración evaluada con el insecticida endosulfan, número de individuos observados y muertos de adultos y % de mortalidad corregido por Abbott.

Dosis (ppm)	Número de individuos		% de mortalidad corregidos por abbott
	Observados	Muertos	
2500	90	89	98.773
2000	90	81	89.775
1500	90	77	85.173
1000	60	26	42.055
500	60	23	36.942

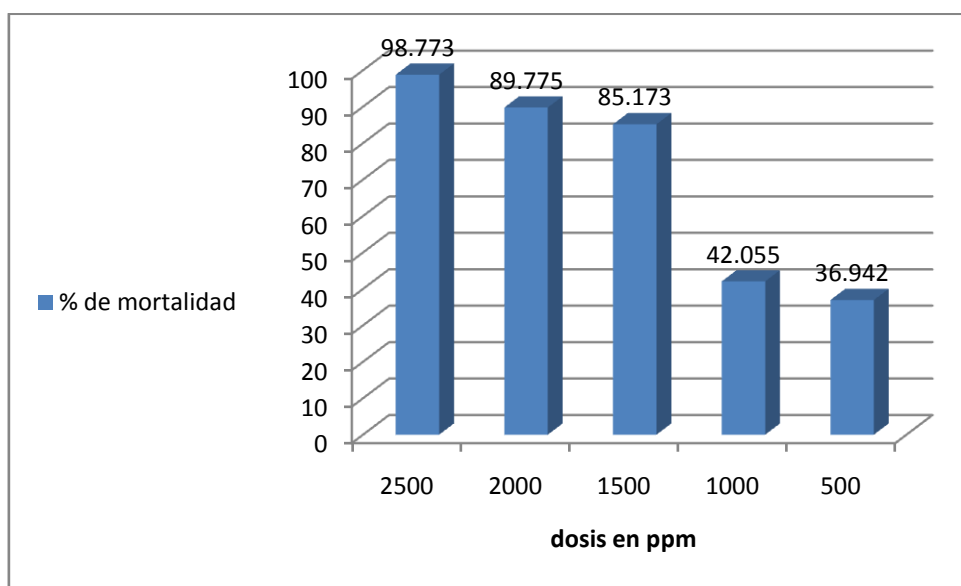


Figura A. 3. Por ciento de mortalidad por cada una de las dosis de endosulfan aplicada en *Tribolium castaneum*.