

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE CUATRO GRUPOS
TOXICOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE *Sitophilus zeamais*
MOTSCHULSKY.**

POR:

DAVID EDUARDO GARCÍA PÉREZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE CUATRO GRUPOS TOXICOLÓGICOS
PARA EL CONTROL DE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY.

Presentada por:

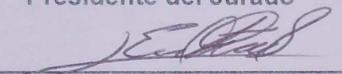
DAVID EDUARDO GARCÍA PÉREZ

TESIS

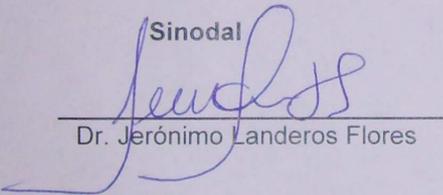
Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

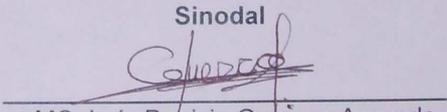
Aprobada
Presidente del Jurado


Dr. Ernesto Cerna Chávez

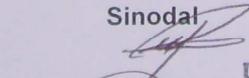
Sinodal


Dr. Jerónimo Landeros Flores

Sinodal


MC. Luis Patricio Guevara Acevedo

Sinodal


Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

CORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.

Saltillo, Coahuila, México.
Abril de 2009

División de Agronomía
Coordinación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme salud, y haber permitido alcanzar una meta más en mi vida y cumplir un sueño al terminar mi carrera.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme las herramientas y permitirme formarme como un profesional, por siempre orgullosos de mi “**ALMA MATER**”

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez, † por su amistad brindada y por su apoyo como persona.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez, por su apoyo, tiempo y sugerencias para la realización de este trabajo.

Al MC Luís Patricio Guevara Acevedo por su dedicación y apoyo para la revisión de este trabajo.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores, por su participación como jurado en este trabajo.

A la Dra Yisa Ochoa Fuentes por ser parte del jurado y revisión el trabajo.

A la generación CVI de la carrera de Parasitología por su amistad brindada durante mi estancia en esta universidad. En especial a mis mejores amigos Oswaldo Vargas y Edel Hernández, Raúl Ortiz, Marcelo Bautista, Ma del Rosarios Rivera, Fernando Pantoja, por los tiempos compartidos durante mi estancia en esta mí ALMA MATER.

Al equipo de atletismo, al entrenador José Rodríguez y a mis compañeros del equipo, Oscar Munive, Florencio Espinola y Montserrat Vargas por los momentos compartidos.

A Abel Orea, Osbaldo, Fernández, Jesús Mendoza, quienes fueron grandes amigos con quien compartimos muchas cosas

DEDICATORIA

A mis padres

Hipólito García Villaseñor

Agripina Pérez Ramírez

Por darme la vida, y por que siempre me apoyaron y estuvieron conmigo, por sus sabios consejos y esa confianza que depositaron en mi. Por que todo lo que soy se lo debo a ellos. Gracias.

A mis hermanos

Víctor Hugo

Maria de los Ángeles

Roxana

Claudia

Por el apoyo moral que me brindaron y por que siempre estuvieron conmigo en los momentos felices y en los momentos mas difíciles, y por todos los sacrificios que hicieron por mi.

A mis abuelos

Salvador García †

Josefina Villaseñor

Agustín Pérez †

María Cruz Ramírez

Por su apoyo y sus consejos que me brindaron en mi infancia.

De una manera muy especial a **Flor Patricia Virrueta Moreno**, por su cariño, atención y apoyo que me ha brindado por que ha sido la persona que ha estado conmigo cuando la he necesitado.

A todos gracias porque lo que ahora soy, es gracias a toda la gente que me rodea, y que está conmigo.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
Importancia de las plagas de granos y productos almacenados.....	3
Origen y evolución de los insectos de almacén.....	4
Origen de las infestaciones de granos.....	5
Clasificación y Distribución de las plagas.....	6
Descripción general del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky.....	6
Descripción de especies del genero <i>Sitophilus spp.</i>	8
Gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	8
Descripción del insecto.....	9
Origen y distribución.....	9
Clasificación taxonómica.....	10
Descripción morfológica.....	11
Ciclo de vida.....	11
Huevo.....	11
Larva.....	12
Pupa.....	12
Adulto.....	12
Biología y hábitos.....	13
Métodos de control.....	14
Control cultural.....	14
Control biológico.....	15
Control genético.....	16
Control fitogenético.....	16
Control físico-mecánico.....	17
Control autocida.....	17
Fumigantes.....	18
Control químico.....	18
Resistencia a insecticidas.....	19
Mecanismos de resistencia.....	19
Tipos de resistencia.....	20
FOM.....	21
Esterasas.....	21
Factores que afectan el desarrollo de resistencia.....	22
Métodos de detección de desarrollo de la resistencia.....	23
Métodos directos.....	23

Métodos indirectos.....	23
Bioensayo.....	24
Evaluación del toxico.....	25
Ley de Weber y Frechner.....	26
Criterios para un buen bioensayo.....	27
Grupos químicos de insecticidas.....	28
Insecticidas organofosforados.....	29
Modo de acción.....	29
Malatión.....	29
Clorpirifos etil.....	30
Insecticidas organoclorados.....	30
Modo de acción.....	31
Endosulfan.....	31
Insecticidas piretroides.....	31
Piretroides sintéticos.....	32
Modo de acción.....	32
Deltametrina.....	33
Cipermetrina.....	33
Insecticidas del grupo lactonas glicosiladas.....	34
Modo de acción.....	34
Abamectina.....	35
MATERIALES Y METODOS.....	36
Cria de <i>Sitophilus zeamais</i>	36
Métodos de bioensayo.....	36
Análisis estadístico.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
Concentración letal (CL ₅₀).....	39
Valores de X ² , r ² , G.L. y P.....	41
Líneas de respuesta dosis-mortalidad y limites fiduciales (CL ₅₀).....	42
CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	46
APÉNDICE.....	54

INDICE DE CUADROS

	PÁG
Cuadro 1. Productos y dosis en ppm utilizados para los bioensayos.....	37
Cuadro 2. CL ₅₀ , CL ₉₅ y limites fiduciales (ppm), de los diferentes insecticidas empleados con poblaciones de <i>S. zeamais</i> a 24 hrs. de exposición	40
Cuadro 3.- Coeficiente de correlación, chi cuadrada (X^2), grados libertad y probabilidad de ocurrencia de la evaluación de seis insecticidas de diferente grupo toxicológico.	42
Cuadro A1. Concentraciones evaluadas con el insecticida Abamectina y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	55
Cuadro A2. Concentraciones evaluadas con el insecticida Cipermetrina y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	55
Cuadro A3. Concentraciones evaluadas con el insecticida Clorpirifos etil y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	56
Cuadro A4. Concentraciones evaluadas con el insecticida Deltametrina y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	56
Cuadro A5. Concentraciones evaluadas con el insecticida Endosulfan y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	57
Cuadro A6. Concentraciones evaluadas con el insecticida Malatión y el número de individuos observados y muertos de adultos de <i>Sitophilus zearais</i> , así como el porcentaje de mortalidad.....	57

INDICE DE FIGURAS

PÁG

Figura 1.- Líneas de respuesta dosis-mortalidad de seis insecticidas de diferente grupo toxicológico sobre poblaciones de <i>Sitophilus zeamais</i>	43
Figura 2. Representación grafica de los limites fiduciales obtenidos a nivel de CL ₅₀ de <i>Sitophilus zeamais</i> a 24 hrs de exposición a los diferentes insecticidas.....	44

INTRODUCCIÓN

El incremento en la población mundial y en la demanda de alimentos ha ocasionado un aumento en la utilización de tecnología para el control fitosanitario de las plagas que afectan a los principales cultivos de importancia económica. Una base indispensable para aplicar estas tecnologías de control, es la identificación correcta de la plaga, con el objetivo de determinar las acciones a desarrollar (Bautista, 2006).

Los granos alimenticios y sus productos son una fuente de nutrientes necesarios para el hombre, así también para muchos animales domésticos (Ramírez, 1966). Citado por Mejía, 2003.

El maíz es sin duda, el grano que ocupa el primer lugar en cultivo y consumo en México, al igual que en los países de África del sur, Guatemala, Honduras y El Salvador (Guzmán, 2009).

El grano de maíz es una fuente importante de carbohidratos y proteínas para la gente de escasos recursos en el mundo. Sin embargo, existen factores que limitan su

producción, entre ellos, los insectos, los roedores y las enfermedades, que no sólo menguan los rendimientos al alimentarse del grano, sino que lo contaminan y reducen su calidad (García, 2007).

Las pérdidas de granos en el almacenaje es el principal problema que enfrenta el agricultor, después de la cosecha. La situación es especialmente importante en países en desarrollo, entre los productores a pequeña escala, quienes ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos, en los lugares de almacenaje, por roedores, insectos, hongos y bacterias (Pérez, 2007).

Los insectos causan daños considerables a los granos almacenados; en el mundo se han reportado 227 especies que afectan estos productos y en México se han reportado 66 especies que atacan a granos almacenados de maíz y entre ellas está el *Sitophilus zeamais* y se sabe que las pérdidas que ocasiona este insecto oscilan entre un 15 y un 25% dependiendo de la región (Guerrero, 2003). El uso de insecticidas ha demostrado ser una herramienta muy importante en el control de plagas de granos almacenados, por tal motivo el objetivo de este trabajo es determinar la concentración letal media (CL₅₀) de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *S. zeamais* bajo condiciones de laboratorio.

Palabras claves: *Sitophilus, zeamais*, insecticidas, toxicológicos, DL₅₀.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de las plagas de granos y productos almacenados.

Durante el almacenamiento los porcentajes de pérdidas son altos y varían dependiendo de la zona; en zonas frías el efecto de los insectos sobre los granos es menor que en las zonas templadas.

Existen numerosos insectos asociados a los granos almacenados que están adaptados a las condiciones secas de estos productos, y que son capaces de vivir y reproducirse en alimentos que están desprovistos de agua.

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

Villegas (1989) cita que 11 especies de las que atacan al maíz almacenado causan pérdidas considerables principalmente en zonas rurales, con agricultura

tradicional, ya que no se utilizan métodos de control adecuado debido a la carencia de recursos económicos; dichas especies son: gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius*, barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica*, barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus*, palomilla dorada *Sitotroga cerealella*, gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum*, gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*, gorgojo aserrado *Oryzaephilus surinamensis*, gorgojo plano de los granos *Criptolestes pusillus*, palomilla bandeada *Plodia interpunctella*, y palomilla del mediterráneo *Anagasta kuehniella*.

Las plagas de maíz almacenado que representan la mayor amenaza a nivel mundial, son las especies de *Sitophilus spp.*, y en menor grado *Sitotroga cerealella*, en tanto que, en zonas secas y tropicales, las especies que causan mayor daño son *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*.

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 a almacenar regularmente cereales. Se asume que las especies conocidas hoy como plagas de almacén fueron desarrolladas primeramente en hábitats naturales y después se trasladaron o fueron trasladadas a los lugares de almacenaje, ya que éstos les proporcionaban condiciones adecuadas para su desarrollo (Salomón, 1965). Algunas

especies de insectos actualmente asociados con los productos almacenados han sido encontrados en tumbas del antiguo Egipto; insectos como *Tribolium spp.* Y *Sitophilus granarius* alrededor del 2300 a 2500 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.

El origen de las infestaciones de *Sitophilus spp.* En los almacenes, se inicia en el campo antes de la cosecha, y esta relacionada con factores climáticos, de los cuales el más importante es el porcentaje de humedad del medio. González y Sánchez (1986) determinaron que cuando la precipitación disminuye, la infestación por *Sitophilus*

zeamais aumenta en condiciones de campo. Floyd y Powell (1958) determinaron que en las infestaciones de campo, a mayor longitud de la parte terminal de la cobertura de la mazorca, menor es la infestación de *Sitophilus oryzae*, así como de otros insectos de granos almacenados, aunque cuando existe daño por gusano elotero (*Heliothis zea*), la probabilidad de infestación por gorgojos se incrementa.

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).

Clasificación y Distribución de las plagas.

Los insectos que se alimentan de granos por lo general son clasificados en tres categorías (Ramírez, 1990) que son:

Plagas primarias, son insectos que tienen la capacidad de romper la cubierta externa de los granos y penetrarlos o también pueden ovipositar sobre el grano y al emerger la larva ésta perfora y se alimenta de la semilla como son; *Sitophilus zeamais* Motschulsky (L), *Sitophilus oryzae* (L), *Sitophilus granarius* (L), *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Zabrotes subfasciatus* (Bohemian), *Prostephanus truncatus* (Horn), *Rhyzopertha dominica* (F), *Plodia interpunctella* (Hubber) (Gutiérrez, 1992).

Plagas secundarias, son insectos que se desarrollan después de existir el daño en el grano por plagas primarias, normalmente se alimentan de harina y granos rotos y/o perforados por plagas primarias como son; *Tribolium castaneum* (Herbst), *Tribolium confusum* (Duval), *Orizaephillus surinamensis* (L), *Cryptolestes pusillus* (Schonherr) (Gutiérrez, 1992).

Plagas terciarias, 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 se ha deteriorado.

Por lo tanto se considera a *Sitophilus zeamais* como una plaga primaria (Ramírez, 1990).

Descripción general del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Descripción de especies del genero *Sitophilus* spp.

El gorgojo del arroz *S. oryzae* conocido desde tiempos antiguos, es un gorgojo pequeño que mide 2.1 a 2.8 mm de longitud y varia de un color rojizo bronceado casi negro y generalmente tiene marcada la parte trasera dorsal con cuatro puntos rojizos y amarillentos. El adulto es muy semejante en forma al gorgojo de los graneros pero

difieren en color y marcas, además de que este tiene bien desarrolladas el segundo para de alas. El tórax esta densa e irregularmente punteado excepto por una línea estrecha y angosta que se extiende de abajo hacia arriba por la parte media dorsal.

El gorgojo del maíz, *S. zeamais* durante mucho tiempo se considero como una raza o “línea grande” del gorgojo del arroz, siendo ahora reconocido como una especie distinta. Es ligeramente más grande (arriba de 2 mm de longitud) y más oscuro que el gorgojo adulto del arroz; el grado de variación dentro de cada especie hace difícil la separación de estos. El tórax del gorgojo del maíz esta densa y uniformemente punteado, con hoyos redondeados.

Gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*

- Descripción del insecto.

Los nombres comunes de este insectos son; gorgojo y/o picudo del grano de maíz. Su nombre científico es *Sitophilus zeamais* Motschulsky (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Esta especie de insectos se consideran de las más destructivas y comunes de todas las especies que atacan los granos almacenados como, sorgo, maíz, arroz en cáscara y cereales menores. Esta especie tiene las antenas en forma de codo, peculiar de los curculiónidos. Los adultos miden de 2.5 – 4 mL de largo y son de color café a negruzco (café rojizo cuando están recién eclosionados). El pronoto es casi tan

largo como los élitros, los élitros tienen ranuras longitudinales. El adulto de *S. zeamais* presenta cuatro manchas amarillentas o rojizas en los élitros y sólo pueden diferenciarse por sus genitales de *S. oryzae*. (Matute y Trabanino, 1999). Citado por Bacopulos (2003).

- **Origen y distribución.**

Existe confusión en cuanto al origen de este insecto, se cree que es originario de la India, lugar del cual se fue distribuyendo en todo el mundo convirtiéndose en insecto cosmopolita (Metcalf y Flint, 1982). Se ha registrado su presencia en Asia Oriental, Península Arábiga, en las zonas productoras de maíz de África, Argentina, en los estados del sur de Estados Unidos. En Australia fue reportado por Champ y Cribb (1965), en Japón fue reportado por Kiritani (1965) en Texas, Estados Unidos, por Morrison (1964) y en Yugoslavia por Maceljski y Korunic (1973).

En México García (1992) reporta la presencia de *S. zeamais* en los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Edo de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, por lo que reviste de gran importancia, debido a que se encuentra diseminado en los estados de mayor producción de maíz.

García (1992) reporta que en términos generales *Sitophilus zeamais*, *Sitotroga cerealella* y *Tribolium castaneum* son actualmente las tres plagas más importantes de los granos y productos almacenados en México

- **Clasificación taxonómica**

Borror *et al* (1981) ubica a *Sitophilus zeamais* como a continuación se describe:

Reino: Animal

Phylum: Artropoda.

Clase: Insecta.

Subclase: Pterigota.

Orden: Coleóptero.

Suborden: Pollyphaga.

Super familia: Curculionoidea.

Familia: Curculionidae.

Subfamilia: Rhynchophorinae.

Género: *Sitophilus*.

Especie: *zeamais*

- **Descripción morfológica**

El gorgojo del maíz (*S. zeamais*) es de metamorfosis completa, comprende cuatro etapas de desarrollo que van desde huevecillo, larva, pupa hasta llegar a adulto.

- **Ciclo de vida.**

El ciclo de vida de *Sitophilus zeamais* pasa por cuatro estadios, ya que es un insecto con ciclo de vida completo, huevo, larva, pupa y adulto

- **Huevo**

El huevecillo rara vez se observa ya que se desarrolla en el interior del grano infestado donde se alimenta, es en forma de pera u ovoide de un color blanco opaco, ensanchado de la parte media hacia abajo y con todo redondeado, mide aproximadamente 0.7 mm de largo y 0.3 mm de ancho.

- Larva

La larva es un gusano pequeño de 2.5 a 2.75 mm de largo, blanco aperlado; de cuerpo grueso y apodo, con cabeza pequeña de color café claro, mas larga que ancha y cuneiforme; centralmente casi recta y dorsalmente muy convexa. Pasa por cuatro estadios larvales.

- Pupa

La pupa es de color blanco pálido al inicio hasta tornarse a color café claro al final, mide de 2.75 mm a 3 mm, presenta proboscis larga dirigida hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia el cuerpo

- Adulto

El adulto mide de 2.5 mm a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro, cuerpo cilíndrico y alargado, cabeza prolongada en un pico o proboscis curva y delgada, antenas acodadas y de 8 segmentos, alas funcionales, el protórax densamente marcado con punturas del pronoto son más de 20 a lo largo de la línea media del cuello al escutelum (Boudreaux, 1969; Pérez, 1988; Ramírez, 1990; García 1992). Presenta alas funcionales. El adulto es muy semejante en forma al gorgojo de los graneros pero difieren en color y marcas, además de que este tiene bien desarrolladas el segundo para de alas

- **Biología y Hábitos.**

La hembra perfora el grano con su aparato bucal y oviposita individualmente los huevecillos dentro del grano y posteriormente lo cubre con una sustancia gelatinosa, una hembra oviposita de 200 a 500 huevecillos durante todo su periodo de vida, dependiendo de la temperatura los huevecillos eclosionan entre los 3 y 5 días , emergen y completan su desarrollo, la larva pasa por cuatro estadios utiliza mezcla de desechos y secreciones para construir la celda pupal, donde se tarda de 3 a 6 días dependiendo del medio ambiente, al emerger el adulto es sexualmente maduro al término de ocho a diez días permanece dentro del grano varios días antes de dejarlo (Pérez, 1998; García, 1992).

Bajo condiciones de laboratorio la temperatura es uno de los factores que afecta el desarrollo de este insecto el rango de temperatura para su desarrollo es entre 26 a 30 °C su ciclo de vida dura de 30 a 42 días bajo condiciones favorables (Sedlacek et al, 1991).

Appert, J. (1993) menciona que las larvas que viven en el interior de la semilla, producen daños invisibles. Los orificios de salida de los adultos son agujeros irregulares de un milímetro y medio de diámetro que van del exterior de la semilla con sus perforaciones que es lo que causa realmente el daño. El gorgojo del maíz representa un destructor de primera para los cereales almacenados, sobre los que provoca altas pérdidas, deterioro de la calidad y permite la instalación de infestaciones de hongos y/o bacterias.

Pérez (1998) señala que con un promedio de 2 insectos por grano ocasionan un 18.3 % de pérdidas en 48 días. Al respecto Coombs (1972) menciona que el número de gorgojos que se puede desarrollar dentro dependerá del tamaño del grano, normalmente en trigo sólo emerge un adulto por grano y en maíz pueden emerger más.

- **Métodos de control**

Existen varios métodos para combatir las plagas de almacén entre ellos se pueden mencionar los siguientes.

- **Control cultural.**

Dentro de las acciones de control cultural se hace el uso de varios métodos tradicionales como las que a continuación se mencionan.

- Asoleo periódico del grano, humo y mezcla del grano con materiales como ceniza, arena, tierra de diatomea y aceites.
- Evitar daños en el campo por gusanos eloteros y pájaros, ya que retarda la entrada del picudo.
- Las cosechas tempranas disminuyen el tiempo de exposición al ataque de *S. zeamais* en zonas de alta incidencia.

- Limpiar los lugares de almacenamiento, los que deben estar libres de gorgojos y derrame de granos antes de almacenar el producto.
 - Evite colocar los sacos con grano directamente en el piso; use tarimas.
 - Evite almacenar en sacos viejos y rotos.
 - En el caso del arroz, almacénelo sin apilar (Matute y Trabanino 1999).
-
- **Control biológico.**

Brower (1996) menciona una amplia gama de depredadores que atacan a las plagas de granos almacenados. Las familias más importantes son coleópteros depredadores: Carabidae, Staphylinidae e Histeridae pero los depredadores más comunes encontrados son las chinches de la familia Anthocoridae y específicamente *Xylocoris flaviceps*.

Existen parasitoides que atacan al género *Sitophilus* entre ellos se encuentran algunas especies pertenecientes a la familia Pteromalidae (Orden: Hymenóptera) como son: *Anisopteromalus calandrae* Howard, *Chaetospila elegans* Westwood y *Lariphagus distinguendus* Foerster. Sin embargo no son agentes de control biológico efectivo ya que su ciclo de vida es más corto que el de sus hospedantes y tienen baja capacidad reproductiva.

En México Ramírez *et al.* (1993) reportan tres depredadores que son: *Cephalonomia torsalis*, *Teretriosoma nigrescens* y *Xylocoris flavipes*.

- **Control genético.**

El uso de materiales genéticamente en nuestro país, se busca que el maíz sea resistente al ataque de plagas. Se descubrió tres nuevos tipos de plantas resistentes al gorgojo del maíz (*S. zeamais*), donde se ha encontrado que el ácido fenolito endurece las capas externas del núcleo, haciendo menos apetecible para el gorgojo del maíz, ya que estas sustancias atacan a los carbohidratos de la membrana celular uso con otros, consolidando el tejido fino y proporcionando así una primera capa de defensa. (CIMMYT, 1998).

- **Control fitogenético.**

Las variedades de maíz con hojas largas y fuertes son más resistentes al ataque en el campo, mientras que las variedades de maíz y sorgo con endospermo suave son más susceptibles al ataque de gorgojo en almacenaje. Estas son alternativas de control, a pesar de no ser debidamente explotada, es una posibilidad viable para reducir el ataque de estos insectos (Salas, 1984).

- **Control Físico - mecánico.**

Almacenar en recipientes cerrados como barriles o silos metálicos evita la entrada de adultos y en ocasiones muere por falta de aire dentro del recipiente. (Matute y Trabanino 1999).

Moreno (1996) menciona que la mayoría de los insectos que destruyen los granos almacenados no pueden desarrollarse en productos agrícolas cuyos contenidos de humedad estén en equilibrio con humedades relativas inferiores a 40 por ciento. Matute y Trabanino (1999) señalan que antes de almacenar el grano, se debe secar a menos del 12 por ciento de humedad, ya que ésta reduce la tasa de oviposición y el desarrollo posterior del insecto. También puede asolearse el grano para que alcance más de 40°C, lo cual favorecerá la emigración de los adultos, este método generalmente no acaba con los huevecillos ni con las larvas y no debe utilizarse como práctica única. El mezclar cal y/o ceniza utilizando el 20 por ciento del peso del grano, funciona como abrasivo al raspar la cutícula de los insectos, que mueren por pérdida de humedad. También inhibe la penetración de adultos por que la mezcla ocupa los espacios entre granos. Su uso se recomienda cuando no se tiene un químico disponible ni apropiado.

- **Control autocida**

Brown *et al.* (1972) realizaron estudios con radiación gamma sobre pupas de *S. zeamais* con una dosis de 5 a 10 krad, esterilizando completamente a los adultos que emergieron de ellas.

- **Fumigantes**

Stadler *et al.* (1990) mencionan dentro del grupo de fumigantes utilizados para el control de plagas de almacén a la fosfina y al bromuro de metilo.

- **Control químico.**

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 de arsénico como insecticida; y en el siglo XVI, los chinos ya aplicaban compuestos de arsénico con este propósito. Jeffs (1986) menciona que los materiales disponibles en 1940 eran principalmente sustancias inorgánicas, tales como el verde de Paris o el arsénico, no siendo estos muy efectivos.

En la actualidad el uso de productos químicos para controlar plagas de granos almacenados ha progresado desde el uso de productos inorgánicos de principio de siglo a la aparición y uso de un gran número de compuestos orgánicos altamente efectivos (Bond, 1973).

En 1958 en los EE.UU. por primera vez es utilizado el malathion para controlar plagas de productos almacenados iniciándose así una era de combate efectivo contra estas plagas y aún en nuestros días el malathion es uno de los productos más utilizados (Dyte y Blackman, 1972; Haliscak y Beeman, 1983).

Resistencia a insecticidas.

En términos generales, la resistencia es una disminución de la mortalidad observada en una población sometida a un tratamiento constante. En el caso particular de insecticidas se aplica a una población susceptible que después de haber sido controlada con un insecticida con dosis “normales” estas dejan de ser efectivas para su control, por lo que la resistencia es el desarrollo de un carácter, por la alta presión de selección de una población normalmente susceptible a un insecticida en particular.

El desarrollo de la resistencia de alguna especie o dentro de ellas, puede ser rápida, lenta o no presentarse en ciertas circunstancias. Este desarrollo esta directamente relacionado con la presión de selección aplicada a una población de una especie dada

Mecanismos de resistencia.

La posibilidad de que los insectos metabolicen insecticidas orgánicos sintéticos, se debe a la presencia de un sistema bioquímico efectivo de defensas, que es causa de un proceso de inducción, donde la presencia de un químico estimula la actividad de un sistema de desintoxicación.

Tipos de resistencia.

La resistencia puede ser de dos tipos, por comportamiento y fisiológica, dentro de esta última existen tres tipos de resistencia que son: disminución en la penetración, incremento en la detoxificación (metabólica) y cambios en el sitio de acción (no metabólica)

La disminución en la penetración, llamada por algunos investigadores resistencia morfológica, se refiere a las barreras externas o integumentos de los insectos, que ocasiona una disminución en la velocidad de penetración del toxico y permiten que algunos individuos no sean eliminados por el insecticida y la descendencia de estos herede esas características.

Se conocen cuatro tipos principales de mecanismos que incrementan la detoxificación o resistencia metabólica, estos son: incremento en la función oxidativa mixta (FOM), incremento en actividad de la glutatión S-transferasa (GHS), actividad alterada de las ali-esterasas, y DDT de hidrocliclorinasa.

Existen tres clases importantes de resistencia no metabólica a insecticidas, estas son: alteración de la acetilcolinesterasa ó ACE-insensible, en organofosforados y carbamatos, el gene de *kdr* (resistencia al derribo) en los organoclorados y piretroides, y el gene de resistencia a ciclodienos.

Enzimas detoxificadoras

FOM

Las diferentes reacciones que afectan el metabolismo primario de los insecticidas y otros compuestos extraños son producidas por oxidaciones, las cuales juegan un papel muy importante en la actividad biológica o toxicidad que tiene un material. Muchos insecticidas piretroides y organofosforados son metabolizados por FOM; en organofosforados los resultados son complejos y difíciles de predecir debido a que la reacción puede aumentar ó disminuir la toxicidad dependiendo del insecticida en cuestión.

Esterasas

El principal mecanismo de resistencia de lo organofosforados consiste en la desintoxicación por las enzimas que hidrolizan al insecticida, estas enzimas pueden ser hidrolizadas, fosforotriesterasas que pueden romper la cadena ester difosfato, y que dando como resultado la formación de fosfuros, que contienen metabolitos, que se ionizan a un pH neutro y pierden la habilidad de inhibir a la acetilcolinesterasa. En el caso particular de resistencia al malation, ésta se caracteriza por tener un incremento en el nivel de carboxiesterasas, las cuales atacan el grupo carboxietil de este insecticida, con lo cual disminuye su actividad toxica.

Factores que afectan el desarrollo de resistencia.

La rapidez en el desarrollo de la resistencia de los insectos a uno o varios insecticidas depende de muchos factores. Parkin (1965) menciona dos factores principales, la naturaleza de la especie y las técnicas utilizadas para el control químico. Con respecto a la naturaleza de la especie se puede citar: el potencial genético de la población de insectos, el tiempo que tarda el ciclo de vida, ya que los insectos de ciclos cortos son los que presentan un desarrollo de resistencia más rápido, otro aspecto importante son los estados de desarrollo a los que se dirige el tratamiento, debido a que es más acelerado cuando más de un estadio es sujeto a presión de selección y cuando no existe inmigración de individuos susceptibles.

En el caso de granos almacenados existen varios factores, que probablemente contribuyen al retraso en la aparición de resistencia entre las poblaciones de campo e insectos de granos almacenados. En primer lugar la mayoría de estos insectos tienen pocas generaciones al año, a diferencia, por ejemplo, de los mosquitos; las aplicaciones de insecticidas de contacto son superficiales y con frecuencia incompletas, por lo que no hay una alta presión de selección. Los tratamientos rara vez cubren todas las bodegas en una localidad por lo que hay una dilución de la población que desarrolla resistencia, con las poblaciones susceptibles cercanas, además existe un gran movimiento dentro y fuera de las bodegas, por lo que grandes volúmenes de producto tratado, junto con su fauna, son más frecuentemente remplazados con nuevos insectos susceptibles.

Métodos de detección 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 realizan en laboratorios. Sin embargo, estos tienen serias limitaciones, ya que requieren un gran número de insectos, de muestras a procesar y los resultados se pueden obtener mucho tiempo después (Bacopulos, 2003).

- **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 de la homogeneidad genética de la población en su respuesta al tóxico, lo 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 (Bacopulos, 2003)
- **Métodos indirectos.-** Principalmente bioquímicos. Estos métodos consisten en la aplicación de una dosis a una muestra representativa, de manera que los resultados se atribuyen al total de la población; correlacionan un alto nivel

de una enzima a una relación enzimática específica, la resistencia comprobada en cierta colonia de insectos pueden ser cualitativos o cuantitativos, generalistas o específicos, según la metodología utilizada (Lagunas y Villanueva, 1995).

Bioensayo

De acuerdo con Lagunes y Villanueva (1995), el bioensayo se emplea para determinar la toxicidad de las sustancias químicas con supuestas propiedades tóxicas. Sus objetivos son: determinar la eficiencia de varios tóxicos contra una población de insectos; la susceptibilidad de diferentes razas o especies de artrópodos a un tóxico y la determinación de la cantidad de un tóxico en un sustrato. El bioensayo tiene 2 componentes; el estímulo y la respuesta. El estímulo, es el agente que produce una respuesta (químico, físico o eléctrico) y la respuesta es el efecto o manifestación que produce la aplicación del estímulo (la muerte, un nivel enzimático, la temperatura, etc.). En el caso particular del estudio toxicológico de insecticidas, el estímulo es el insecticida aplicado y la respuesta es la muerte del insecto. La magnitud del efecto de un bioensayo está en función de los factores involucrados, los cuales deben estandarizarse para evitar la variación y poder compararlos con otras investigaciones.

En los bioensayos, la cantidad del tóxico que se aplica no siempre es la misma que la que llega al sitio de acción, en este caso tienen que ver los factores que se mencionan a continuación:

- Parte del insecticida aplicado no entra en contacto con el insecto, debido a que se volatiliza.
- Hay descomposición por interperización.
- En el integumento de algunos insectos que presentan factores que promueven la penetración reducida del tóxico.
- Almacenamiento de tejido inerte, generalmente tejido graso.
- Mayor excreción del organismo
- Tasa o proporción de activación por medio de la formación de productos más tóxicos al interior del insecto.
- Tasa de degradación.
- Insensibilidad en el sitio de acción (Bacopulos, 2003).

Evaluación del tóxico

La toxicidad de los insecticidas a un organismo se expresa usualmente en términos de CL50 (dosis letal cincuenta); ésta representa la cantidad de toxico por unidad de peso que mata el cincuenta por ciento de los animales empleados en la prueba, en los casos en los que solo se sabe cuál es la cantidad de insecticida que rodea al organismo , y no la cantidad de insectos se usa el termino CL50 (concentración letal cincuenta), ésta determina la concentración del compuesto que mata el 50 por ciento de los animales expuestos en un periodo especifico, generalmente de 24 horas.

El método comúnmente empleado para insectos de granos almacenados es el de la exposición residual aplicado al recipiente que contenga a los insectos o al grano del que se alimenta el organismo en prueba. Para expresar la susceptibilidad de cualquier población de insectos a venenos, se graficara en hojas de logarítmicas de Probit (Bacopulos, 2003).

Ley de Weber y Fechner.

La magnitud de la respuesta biológica es proporcional no al cambio aritmético en el estímulo, sino a su logaritmo, esto se logra al transformar la respuesta de porcentajes de mortalidad a unidades Probit.

La posición de la línea o pendiente está en proporción a la mortalidad con respecto al incremento de las dosis. El significado de la posición y pendiente de la línea es:

- A mayor pendiente con el mismo incremento de dosis habrá mayor efecto.
- La posición de la línea indica que tan rápido llega el insecticida al sitio de acción.
- La pendiente indica la homogeneidad o heterogeneidad de la población en su respuesta al toxico. A mayor pendiente más homogeneidad y a menor pendiente más heterogeneidad.

Los límites de confianza, también denominados límites fiduciales, son los límites de significancia de la línea de respuesta a ambos lados de cada dosis o

concentraciones. Estos se estrechan a un nivel de DL50 ó CL50, y se ensanchan hacia valores mayores o menores de mortalidad. Si los límites de confianza de dos líneas se traslapan, quiere decir que éstas, no son significativamente diferentes (Lagunes y Villanueva, 1995).

Criterios para un buen Bioensayo

- Que la dosis sea precisa (cantidad aplicada).
- Seguridad en la determinación de la respuesta (vivo o muerto).
- Que el medio donde se realiza el bioensayo tenga condiciones estables durante el desarrollo del estudio.
- Que el método permita diferenciar al cambiar la dosis.
- Que el método sea reproducible.
- Uso de la formula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad natural en caso de muerte en el testigo.

$$MC = [(X - Y)/(100 - Y)](100)$$

Donde: MC = Mortalidad corregida (%)

X = Mortalidad en el tratamiento (%)

Y = Mortalidad en el testigo (%)

En general cuando se obtiene más del 15 % de mortalidad en el testigo, los resultados deben desecharse o repetirse.

Grupos químicos de insecticidas

Insecticidas 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. El desarrollo de esta clase de insecticidas fueron realizados en Alemania por el investigador Schrader, quien produjo los gases nerviosos altamente activos como el tabun y el sarin.

Dentro de este grupo está el malathion, el pirifos metílico, diclorvos (DDVP) este último es para control de plagas de granos, a este mismo grupo pertenece el fenitrothion utilizado para tratamiento de estructuras y pisos. (Cremllyn, 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 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)

- **Modo de acción de los insecticidas organofosforados.**

Los compuestos insecticidas organofosforados inhiben aparentemente la acción de varias enzimas; pero la actividad mas importante *in vivo* es contra la enzima acetilcolinesterasa.^{2,13-15} Esta enzima verifica la hidrólisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas, hasta colina- en la 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. Esto ocasiona la perdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte (Cremllyn, 1995).

- **Malatión**

El malatión es un insecticida y acaricida de contacto muy importante y ampliamente usado para el control de varios insectos plaga en una amplia variedad de cultivos. Fue importante en la historia del desarrollo de los insecticidas organofosforados, ya que se trata del primer miembro de este grupo que mostró un buen espectro de acción insecticida (Cremllyn, 1995).

- **Clorpirifos etil**

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 (Zamora, 2003).

El clorpirifos 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, es moderadamente persistente (Cremllyn, 1995).

Organoclorados

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

Los compuestos organoclorados son altamente estables, característica que los hace valiosos por su actividad residual contra insectos y a la vez peligrosos debido a su prolongado almacenamiento en la grasa de mamíferos.

- **Modo de acción de Organoclorados**

Uno de los principales efectos del toxico sobre el sistema nervioso es interferir el flujo de iones, específicamente del cloro, que es regulado por el ácido gamma-aminobutirico (GABA) lo que aumenta la irritabilidad del tejido nervioso (Llanes 2006)

- **Endosulfan**

Llanes (2006) cita que el endosulfan es el pesticida organoclorado mas utilizado por los países industrializados. A diferencia de otros organoclorados su uso es frecuente y su empleo en áreas de agricultura intensiva es una práctica habitual.

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)

Piretroides

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

Típicamente los insecticidas piretroides son ésteres del ácido crisantémico que tienen un alto grado de lipofilia (solubilidad en grasas).

Los investigadores Staudinger y Rusicka 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. A partir de estos principios condujeron al estudio para desarrollar piretrinas sintéticas que junto con las naturales constituyen los piretroides (Barbera, 1976).

- **Piretroides sintéticos:**

Permetrina y deltametrina controlan una amplia gama de insectos y son de uso restringido.

- **Modo de acción de Piretroides**

Las piretrinas y piretroides aumentan su actividad insecticida a bajas temperaturas, esto significa que presentan un coeficiente negativo de temperatura, estos afectan tanto al sistema nervioso central como al periférico de los insectos. Los piretroides estimulan inicialmente las células nerviosas produciendo repetidas descargas y eventualmente 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 axón 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 repetidas descargas nerviosas, provocando parálisis y la muerte (Ponce, 2006).

Deltametrina.

La deltametrina es un insecticida del grupo de los piretroides, la cual tiene un uso agrícola, urbano, industrial pecuario y doméstico, la deltametrina se degrada fácilmente en el ambiente, generando compuestos menos tóxicos, es ligeramente tóxico y no causa daños a las aves, su cociente de peligrosidad es bajo (indicador de mortalidad en el campo) debido en parte a su acción repelente sobre varias especies de insectos. Algunas plagas pueden generar resistencia a este compuesto (<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>).

Cipermetrina.

La cipermetrina es un insecticida acaricida piretroide, presenta un uso agrícola, urbano, industrial pecuario y doméstico es un producto ligeramente persistente (1 a 4 semanas), del tipo toxicológico III, este compuesto es eliminado rápidamente del ambiente, presenta un potencial de moderado a alto de biocumulación, en condiciones de uso moderado no representa un peligro para el ambiente debido a su rápida descomposición (<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>).

- **Lactona glicosilada.**

Las avermectinas son un grupo de lactonas macrocíclicas estrechamente relacionadas aisladas del hongo *Streptomyces avermitilis*. La esencia de la estructura básica de las avermectinas (son lactonas macrocíclicas) es evidente en el producto natural avermectina B1a, el cual es el principal constituyente del insecticida abamectina. La modificación química de la avermectina B1a ha producido cierto número de materiales semi-sintéticos. Uno de los más importantes es el compuesto emamectina (4"-epimetilamino-4"-deoxiavermectina B1a), el cual tiene alta actividad insecticida contra orugas. Las avermectinas son insolubles en agua. Tanto la abamectina como la emamectina tienen una toxicidad a mamíferos bastante alta, pero su movimiento translaminar hacia adentro de las hojas tratadas, la actividad oral contra insectos plagas, y su rápida descomposición al exponerse a luz solar, son todas propiedades favorables desde el punto de vista de MIP (<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>).

- **Modo de acción de Avermectinas**

En insectos y nemátodos envenenados con avermectinas, la ataxia y la parálisis son los principales signos de intoxicación, con muy poca o sin hiperexcitación.

Las avermectinas bloquean la actividad eléctrica en los nervios y los músculos de vertebrados e invertebrados al incrementar la conductancia de las membranas a los

iones de cloro. El efecto es similar al del GABA, pero es esencialmente irreversible (<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>)..

◆ **Abamectina**

La abamectina es un insecticida acaricida, compuesto de una mezcla de avermectinas, que tiene un uso agrícola, urbano, pecuario, domestico, industria y en jardinería, es poco persistente (8 semanas), se encuentra dentro de la categoría toxicológica I, es altamente toxico para abejas y otros insectos (<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo, en el Laboratorio de Toxicología de Insecticidas del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cría de *Sitophilus zeamais*

Los insectos que se utilizaron de *S. zeamais* se obtuvieron de la colonia permanente del Laboratorio de Toxicología de Insecticidas del Departamento de Parasitología la cual se tiene en una cámara de cría LAB-LINE a una temperatura de 30 ± 2 °C y a un fotoperiodo de 12:12. Horas luz oscuridad.

Método de bioensayo

Para llevar a cabo el experimento su utilizo la técnica de la película residual propuesta por la FAO (1974) en la cual se utilizaron diferentes concentraciones, para

ello se partió de un estudio llamado ventana biológica, que tiene como objetivo conocer las concentraciones adecuadas a utilizar durante el desarrollo de los bioensayos.

Para obtener las soluciones a las diferentes concentraciones se partió de una solución de 1000 ppm, que fue diluida en acetona para obtener las concentraciones deseadas. Dichas soluciones se realizaron justo en el momento de realizar el bioensayo.

Cuadro 1. Productos y dosis en ppm utilizados para los bioensayos

Producto	Dosis (ppm)						
Abamectina	25	50	100	150	200	250	
Cipermetrina	500	1000	4000	5000	6000	7000	
Clorpirifos	25	50	100	200	800	1200	1400
Deltametrina	10	25	200	400	600	80	
Endosulfan	10	25	50	100	500	1000	
Malation	25	50	100	200	400	600	

Cada tratamiento consto de tres repeticiones y un testigo. El recipiente utilizado fue un frasco de vidrio de 7 cm de diámetro, con 6 concentraciones más un testigo, dando un total de 21 unidades experimentales para cada insecticida a evaluar, a excepción de la cipermetrina la cual consto de 7 concentraciones y tres repeticiones.

El bioensayo se realizó con insectos adultos de *Sitophilus zeamais*, realizándose con una técnica conocida como película residual, que consistió en agregar 1 mL de la concentración deseada del insecticida 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 logró la cobertura y la evaporación de la solución, se introdujeron en cada frasco 20 insectos adultos de *Sitophilus zeamais*. Posteriormente 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. Se consideró 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 del programa SAS.

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 (χ^2) y el coeficiente de determinación (r^2)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos de los bioensayos realizados. Presentando el siguiente orden: Valores de CL_{50} , CL_{95} y límites fiduciales inferior y superior, posteriormente se dan a conocer los valores de X^2 , r^2 y g. l, 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 abamectina, cipermetrina, clorpirifos etil, deltametrina, endosulfan y malatión muestran una CL_{50} de 45.23, 1940, 114.01, 21.11, 55. 10 y 76.49 respectivamente sobre los adultos de *Sitophilus zeamais*.

De acuerdo a los datos obtenidos puedo decir que los insecticidas evaluados, mostraron una respuesta uniforme.

Cuadro 2.- CL₅₀, CL₉₅ y limites fiduciales (ppm), de los diferentes insecticidas empleados con poblaciones de *S. zeamais* a 24 hrs. de exposición.

Insecticida	No. de Ind	CL ₅₀	Limites Fiduciales		CL ₉₅
			Inferior	Superior	
Abamectina	420	45.23	37.18	53.18	194.35
Cipermetrina	420	1940.00	1026.00	4110.00	8780.00
Clorpirifos etil	420	114.01	87.29	146.37	2172.00
Deltametrina	420	21.11	19.49	23.02	187.11
Endosulfan	420	55.10	45.09	70.37	343.80
Malation	420	76.49	66.82	90.51	205.82

En el Cuadro 2 se puede observar que Cipermetrina presento la mayor CL₅₀ (1940 ppm), seguida por clorpirifos etil (114.01 ppm), malatión (76.49 ppm), endosulfan (55.10 ppm), abamectina (45.23 ppm) y deltametrina (21.11 ppm), lo que indica que para matar el 50% de la población de *S. zeamais* se requiere dosis mayores a la cipermetrina a 91.89, 42.89, 35.20 25.36 y 17.01 veces de deltametrina, abamectina, endosulfan, malation y clorpirifos respectivamente.

En lo que se refiere a productos del mismo grupo toxicológico, cipermetrina y deltametrina para este estudio la CL₅₀ fue de 1940 ppm y 21.11, lo que indica que entre ellos tienen una diferencia muy significativa; mientras que, valor de la cipermetrina es 17.50 y 4.9 veces más alto que el reportado por García (1992) quien en un trabajo con permetrina encontró valores que oscilaban entre 110.82 y 390.30 ppm, mientras que para la deltametrina fue 5.24 y 18.48 veces mas bajo.

Mientras que el clorpirifos etil presenta una CL_{50} de 114.01 ppm que difiere grandemente a lo reportado por García (1992) con valores de CL_{50} para clorpirifos metil de 2.46 y 5.4 ppm.

En México, Arenas y Sánchez (1988) establecieron en *S. zeamais* la dosis letal media (DL50), encontró que para el malation fue de 240 ppm y Pérez (1988), en bioensayos con *S. zeamais* de varios estados de México, encontró que para el insecticida malatión la DL50 varia de 28.5 ppm hasta 134.17 ppm, estos datos son menores a los observados en esta investigación, que fueron de 420 ppm, lo que indica que las poblaciones utilizadas son mas resistentes a las empleadas por los anteriores autores.

En referencia a el endosulfan los resultados de la CL_{50} de este estudio fue de 55.10 ppm, valor muy bajo en referencia a un insecticida del mismo grupo toxicológico (lindano) que reporta valores de 455.62 a 2046 ppm en *S. zeamais* (Pérez, 1988; García, 1992).

Valores de x^2 , r^2 , G.L

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) de cada uno de los productos en evaluación.

Cuadro 3.- Coeficiente de correlación, chi cuadrada (X^2), grados libertad y probabilidad de ocurrencia de la evaluación de seis insecticidas de diferente grupo toxicológico.

Insecticida	r ²	X ²
Abamectina	0.95	11.40
Cipermetrina	1.00	14.03
Clorpirifos etil	0.98	13.00
Deltametrina	0.80	13.08
Endosulfan	0.84	17.46
Malation	0.80	17.56

X^2 tablas (6 gl a $\alpha=0.005$): 12.59

En referencia a los ajustes de la línea con los puntos trazados se observan r^2 con valores de 0.80 a 0.99 (Cuadro 3), lo que indica que el ajuste fue excelente,.

Mientras que para los valores observados con los esperados solamente para la abamectina los valores observados son iguales a los esperados y en los valores para la cipermetrina, clorpirifos etil y deltametrina son ligeramente mas altos que la X^2 de tablas.

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

En la Figura 1 se muestra la línea de respuesta dosis-mortalidad en de cada uno de los productos evaluados, se observa que las líneas de cipermetrina (2) y clorpirifos

etil (3) muestran una tendencia homogénea, mientras que las líneas de abamectina (1), deltametrina (4), endosulfan (5) y malation (6) la tendencia fue de tipo heterogénea.

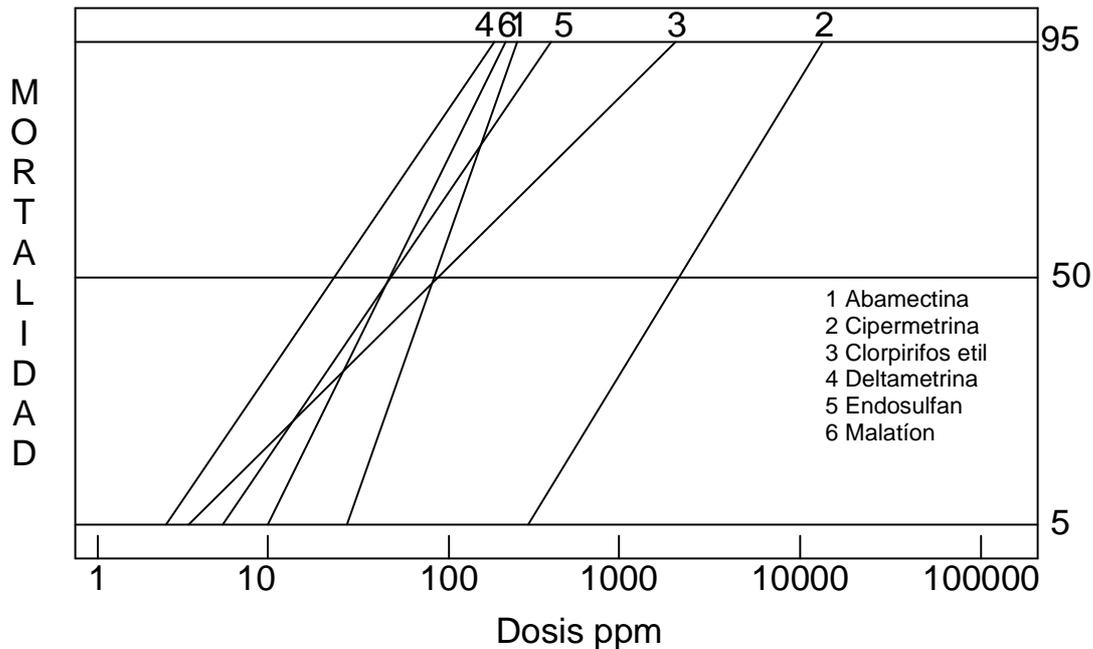


Figura 1 .- Líneas de respuesta dosis-mortalidad de seis insecticidas de diferente grupo toxicológico sobre poblaciones de *Sitophilus zeamais*.

En la figura se exponen los límites fiduciales de los insecticidas utilizados, observando que se forman 3 grupos, el grupo 1 se encuentra la deltametrina (4), el grupo 2 con traslape de las líneas de los límites fiduciales de abamectina (1), clorpirifos (3), endosulfan (5) y el malation (6) y por último el grupo 3 formado por la cipermetrina (2). Estos resultados indican que la deltametrina y la cipermetrina, pertenecientes al mismo grupo toxicológico (piretroides) presentan mayor estabilidad, siendo la deltametrina la que presenta menor dosis y estabilidad al tener una diferencia mínima entre el límite fiducial inferior y superior.

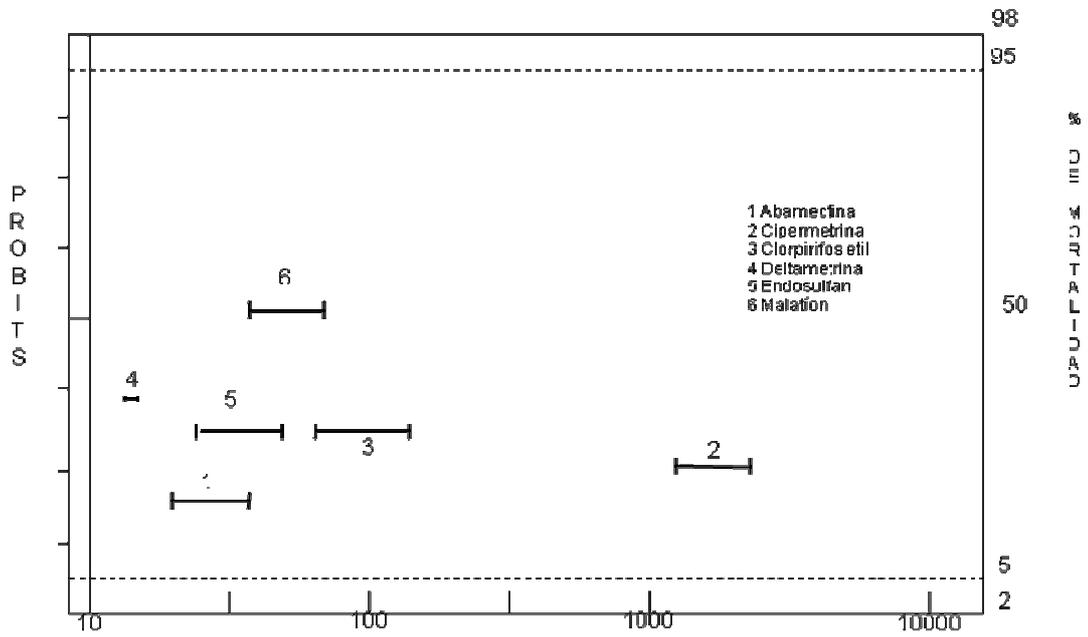


Figura 2. Representación grafica de los limites fiduciales obtenidos a nivel de CL₅₀ de *Sitophilus zeamais* a 24 hrs de exposición a los diferentes insecticidas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir:

La deltametrina del grupo toxicológico de los piretroides a dosis de 21.11 ppm presenta una mortalidad del 50% de la población de *Sitophilus. zeamais*, seguido de dosis a 45.23, 55.11 y 76.49 ppm de abamectina (lactonas), endosulfan (clorados) y malation (organofosforados) respectivamente

LITERATURA CITADA

- Arenas, L. C. Sánchez, H. 1988. DL50 de siete insecticidas de diferentes grupos toxicológicos aplicados a *Sitophilus zeamais*. Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae. Resumen del XXIII Congreso Nacional de Entomología. Morelia, Michoacán. Sociedad Mexicana de Entomología. P 232.
- Bacopulos Mejia Elly. 2003. Tesis Maestría Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacén con aplicación de clorpirifos metil, deltametrina y su efecto en la calidad de semilla de maíz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 121p.
- Bautista, M, N. 2006. Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de postgraduados. Primera edición. Texcoco, México.
- Barbera, C. 1996. Pesticidas agrícolas. Primera edición.
- Borror, D.J., D. M. de Long., and Ch. A. Triplehorn. 1981. Introduction to the study of insect. 5a. Ed. New York. 928 p.

Brower, J.; L. Smith. P. Vail. Y P. Flinn. 1996. Biological Control In: Subramanyam, B y D. Hagstrum (Eds). Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, Inc. New York. USA p 223- 286.

Charles A. Triplehorn. Norman F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the study of insects. Edit, Thomson. Seventh edition. United States of America. 864p.

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.

Coombs, C. W. 1972. The Interpretation of Experiments Assessing the Susceptibility of Stored cereals to Attack by *Sitophilus spp.* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res 8:81- 82. U.S.A.

Duke, J. A. 1985: Handbook of Medicinal Herbs. Ed. CRC Press. Boca Raton. Florida.ç

Cimmy t, 1998. "finding resistance to maize storaghe pest", <http://1928.93.203/about/AR97Findding.htm>.

Coombs, C. W. 1972. The Interpretation of Experiments Assessing the Susceptibility of Stored cereals to Attack by *Sitophilus spp.* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res 8:81- 82. U.S.A.

- Cremlin, R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México, DF. 335p
- Davidson, Ralph, H. 1992. Plagas de insectos. Agrícolas y del jardín. Editorial, Limusa. Primera edición. México, DF. 743p
- Donald J. Borror. Dwight M. De Long. 1963. An introduction to the study of insects. Columbus, Ohio. United States of America. 819p
- FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. Manual de Capacitación. Roma .Italia.250p.
- Floyd, D. J. and J.D. Powell. 1958. Some factors influencing the infestation in corn in the field by the rice weevil. J. Econ. Entolol. 51 (1): 23-26
- García-Lara, S. Espinosa Carrillo C. y Bergvinson D.J. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT.
- García Rodríguez Ixida. 1992. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) a insecticidas de diferentes grupos toxicológicos de tres áreas de Veracruz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Instituto de ciencia y cultura. 54 p.

- García L. María de Lourdes. *et al.* 2007. Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México. Agricultura técnica en México. Vol. 33. Texcoco, México. pp. 231- 239.
- Guerrero Rodríguez Eugenio. Silva Martínez Hilda L. Corrales Reynaga Jorge. 2003. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* a insecticidas y butoxido de piperonilo en dos sustratos alimenticios. Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica) No 67. p 51-57.
- Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de poscosecha. Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp. 13-17
- Guzmán Ibarra Martín. 2009. Monografía. Conservación de granos almacenados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 63p.
- Haliscak, J. P. y R. W. Beeman. 1983. Status of malathion resistance in five genera of beetles infesting farm-stored corn, wheat, and oats in the United States. J. Econ. Entomol. 76: 717-722.
- Hernández, Hernández, Álvaro. 2008. Tesis, Evaluación de tres insecticidas de diferente grupo toxicológico para el control de *Tribolium castaneum* Herbst. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 38p.

Hipólito de S. Adalberto. *et al.* 2006. Desempeño de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en diferentes variedades de maíz y condiciones atmosféricas. Revista Verde De Agroecología E Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde De Agricultura Alternativa (Gvaa). Vol. 1. No 1. Janeiro, Brasil. P 20-25.

Lagunes, T. A., R. Domínguez & J.C. Rodríguez. 1985. Plagas del Maíz en la Mesa Central de México. Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. Documento de Trabajo. Montecillo. Texcoco. México. 100 pp.

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

Llanes Mendoza O. y Gómez Hernández M. 2006. Intoxicación aguda masiva por endosulfan. Inusual emergencia medica: revista Cubana de medicina intensiva y emergencias.

Moreno E. M. 1996. Análisis físicos y fisiológicos de semillas agrícolas. Tercera edición. UNAM. Ciudad Universitaria, México D. F. pp 393.

Matute. D y R. Trabanino. 1999. Manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Sección 1. Reconocimiento y manejo de las principales Plagas. Zamorano academia press. Honduras.

- Metcalf C.L. y Flint W.P. 1976. Insectos destructivos e insectos útiles. Editorial, McGRAW-Hill.
- Moreno Martínez Ernesto. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Editorial, LITO RODA. Tercera edición. México, DF. 393p.
- Nájera, R. M. 1991. Ecología y control del barrenador de los granos *prosthephanus truncatus* en el centro de Jalisco. INIFAP publicación especial No.5 México.
- Pérez, F. *et al.* 2007. Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. Universidad de Concepción, Chile.
- Pérez, MJ. 1988. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de Maestría. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. 142 p.
- Ponce G. y Cantú P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. Revista salud pública y nutrición. Octubre- Diciembre. Volumen 7. Numero 4.
- Ramírez, M. M. 1984, Biología e identificación de insectos de granos almacenados. Tesis de Licenciatura del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 37 p.

- Ramírez, M. M. 1990. Biología y Hábitos de insectos de granos almacenados Curso sobre insectos de granos y semillas de almacén. Aguascalientes, Ags. México. 1-51.
- Ramírez, G.M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. CECOSA, México. 300 p.
- Ramírez, M. M., J. A. González J.J. Olmos y J. M Márquez 1993. Entomofauna en los sistemas de almacenamiento de maíz y sorgo de San Juan de los Lagos, Jal. Memorias del XXVIII congreso nacional de entomología. Soc. Mexicana de entomología Cholula, Puebla. P. 366.
- Salas, J. 1984. Protección de semillas de Maíz contra el ataque de *Sitophilus orizae* a través del uso de aceites vegetales. Agronomía Tropical 35 (4-6): 13-18. Venezuela.
- Sedlacek, J. D., R. J. Barney and M. Siddiqui. 1991. Effect of Several Management tactics on Adult Mortality and Progeny Production of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on Stored corn in the Laboratory. J. Econ. Entomol. 84(3): 1041- 1046. USA.
- 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

- 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
- Vincent H. Resh. Ring T. Cardé. 2007. Encyclopedia of insects. Academic press. California. United States of America. 1266p.
- Williams, R. N. and E. H. Floyd. 1970. Flight habits of the maize weevil *Sitophilus zeamais*. J. Ecob. Entomol. 63(5):1585-1588.
- 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.

Apéndice

Cuadro A1. Concentraciones evaluadas con el insecticida Abamectina y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zeamais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
25	60	8	13.3
50	60	22	36.7
100	60	28	46.7
150	60	33	55.0
200	60	43	71.7
250	60	49	81.7

Cuadro A2. Concentraciones evaluadas con el insecticida Cipermetrina y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zeamais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
500	60	4	6.7
1000	60	7	11.7
4000	60	33	55.0
5000	60	43	71.7
6000	60	52	86.7
7000	60	58	96.7

Cuadro A3. Concentraciones evaluadas con el insecticida Clorpirifos etil y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zemais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
25	60	6	10.0
50	60	12	20.0
100	60	19	31.7
200	60	23	38.3
800	60	38	63.3
1200	60	50	83.3
1400	60	56	93.3

Cuadro A4. Concentraciones evaluadas con el insecticida Deltametrina y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zemais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
10	60	9	15.0
25	60	23	38.3
200	60	45	75.0
400	60	50	83.3
600	60	55	91.7
800	60	59	98.3

Cuadro A5. Concentraciones evaluadas con el insecticida Endosulfan y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zeamais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
10	60	2	3.3
25	60	9	15.0
50	60	17	28.3
100	60	25	41.7
500	60	52	86.7
1000	60	58	96.7

Cuadro A6. Concentraciones evaluadas con el insecticida Malation y el número de individuos observados y muertos de adultos de *Sitophilus zeamais*, así como el porcentaje de mortalidad.

Dosis ppm	Numero de individuos		% de Mortalidad
	Observados	Muertos	
25	60	1	1.0
50	60	9	15.0
100	60	24	40.0
200	60	42	70.0
400	60	47	78.3
600	60	54	90.0