

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo del Maíz
Sitophilus Zeamais MOTSCHULSKY, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

RUSVER LUIS VÁZQUEZ ZAMORANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo del Maíz *Sitophilus Zeamais* MOTSCHULSKY, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

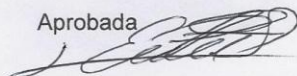
RUSVER LUIS VÁZQUEZ ZAMORANO

TESIS

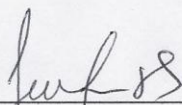
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



Dr. Jeronimo Landeros Flores
Coasesor



Dra. Yisa Maria Ochoa Fuentes
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
División de Agronomía
Diciembre 2014

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a DIOS por haberme dado ese gran privilegio que se llama vida, eres el ser maravilloso que nunca me ha desamparado en este largo camino que voy culminando, camino lleno de muchos tropiezos y muchos obstáculos, estuviste presente a mi lado en momentos desesperantes, en momentos de angustia, tristeza y también en mis momentos de alegría y felicidad; gracias DIOS porque nunca me dejaste solo y gracias a ti por hacerme capaz y por darme las fuerzas necesarias para salir adelante y poder lograr este objetivo.

A MI ALMA TERRA MATER

Por haberme dado las condiciones y la oportunidad de superarme profesionalmente y por quién debo parte de lo que soy.

A MIS ASESORES.

AL DR. ERNESTO CERNA CHÁVEZ. Con mucho respeto y admiración por su valiosa aportación de conocimientos y asesoría durante la realización de este trabajo, su paciencia y dedicación, gracias doc.

A LA DRA. YISA OCHOA FUENTES. Por su valiosa colaboración y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.

AL DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES. Por su apoyo y colaboración brindada durante la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Por darme la vida y luchar incansablemente para que nada me haga falta, privándose de muchas cosas con tal de dármelas, porque a pesar del tiempo y la distancia siempre han estado ahí cuando más lo he necesitado; me dieron la confianza, y sus valiosos consejos necesarios para poder andar en los caminos de la vida. Me proporcionaron las herramientas necesarias para triunfar en la vida, además han hecho de mí todo un profesionalista. Por eso y muchas cosas más, les agradezco profundamente con todo mi amor, respeto y cariño.

A MIS HERMANAS

MARY Y BRENDA

Por el apoyo moral que me brindaron y porque siempre estuvieron conmigo en los momentos felices y en los momentos más difíciles, y por todos los sacrificios que hicieron por mí de todo corazón GRACIAS.

A MI CUÑADO

RONY

Con cariño por formar parte de mi familia, tu amistad y tu gran convivencia.

A MI SOBRINO

IKER JOVANNI

Que desde tu llegada has llenado de alegría y felicidad a la familia con tus travesuras.

A MIS ABUELOS

Federico Vázquez (†)

Rebeca Morales

Ernesto Zamorano

Angelina Pérez

Ustedes son una pieza muy importante en mi vida, crecí al lado de ustedes y me inculcaron siempre ejemplos y consejos buenos, por ese gran cariño que me tienen GRACIAS.

A mi abuelo FEDERICO (†) que aunque no nos hayamos conocido se que serias un gran abuelo y que estarías orgulloso de mi.

A MIS TÍOS(AS)

Samuel, Ely, Chusin, Flor, Memo, Martha, Juan, Gaby, Rosy, Ramon, Israel, y tía Mary.

Gracias por brindarme siempre su apoyo incondicional tanto moral como económicamente.

A MIS PRIMOS(AS)

Trini, Pedri, Paco, Laury, Luis Armando, Yahir, Carlitos, Dianita, Roy, Toni.

Gracias por todos los momentos que me he divertido con ustedes.

A TODOS MIS PADRINOS

Gracias por todos los consejos que siempre me han dado desde mi niñez y gracias por darme mi gasto los domingos.

A MIS AMIGOS

Ever, Ruby, Dulce, Anita, Lucerito, Víctor, Sergio, Lizmark, Rudy, Samuel (Burro), Yuri, Mary, Víctor (Tomate), Mizrahim, Daniel. Y en especial a ti LANDY (†).

Quienes han estado conmigo compartiendo grandes momentos, por su confianza, cariño, comprensión y por todas aquellas desveladas que pasamos juntos.

A YAZMÍN

Gracias por todos los momentos felices que pasamos juntos, por ese gran amor que nos tuvimos y que sin duda siempre lo recordare, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, por el apoyo incondicional que siempre me brindaste durante la carrera por esto y por muchas cosas más GRACIAS.

TE QUIERO PYCA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURA	X
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Justificación	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del Maíz	4
Descripción Botánica del Maíz	5
Raíz	5
Tallo	6
Hojas	6
Inflorescencia	6
Clasificación Botánica del Maíz	7
Plagas y Enfermedades del Maíz	7
Plagas	7
Enfermedades	8
Principales Plagas de Granos Almacenados	8
Importancia de los Insectos de los Granos Almacenados	8

Origen y Evolución de los Insectos de Almacén	9
Origen de las Infestaciones de Granos	10
Clasificación y Distribución de las Plagas	10
Plaga primaria	11
Plaga secundaria	11
Plaga terciaria	11
Descripción General del Gorgojo del Maíz <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	11
Descripción de Especies del Genero <i>Sitophilus spp</i>	11
Gorgojo del Maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	12
Descripción del Insecto	12
Distribución e Importancia de Gorgojo del Maíz	13
Clasificación taxonómica	14
Descripción Morfológica del Gorgojo del Maíz	14
Ciclo de Vida	15
Adulto	15
Huevo	15
Larva	16
Pupa	16
Biología, Hábitos y Daños	16
MÉTODOS DE CONTROL	17
Control Biológico	17
Depredadores	18
Parasitoide	18
Hongos Entomopatógenos	19
Control Genético	20
Fumigante	20
Control Químico	20

Resistencia a Insecticidas	21
Mecanismo de Resistencia	21
Tipos de Resistencia	22
Resistencia por Comportamiento	22
Resistencia Morfológica	23
Resistencia Fisiológica o Bioquímica	23
Factores que Afectan el Desarrollo de Resistencia	23
Métodos de Detección de la Resistencia	24
Métodos Directos	25
Métodos Indirectos	25
Bioensayo	25
Evaluación del Tóxico	26
Ley de Weber y Fechner	27
Grupos Químicos de Insecticidas	28
Insecticidas Organofosforados	28
Modo de Acción de los Insecticidas Organofosforados	28
Diazinon	29
Insecticida Piretroide	29
Piretroides Sintéticos	30
Modo de Acción de Piretroides	30
Cipermetrina	30
Permetrina	31
MATERIALES Y MÉTODOS	32
Ubicación del Experimento	32
Material Biológico	33
Colonia Madre	33
Plaguicidas Evaluados	34

Método del Bioensayo	34
Análisis Estadístico	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
Porcentaje de Mortalidad de <i>Sitophilus zeamais</i>	36
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. CL ₅₀ , CL ₉₅ y Parámetros de confianza a los 24 horas para <i>Sitophilus zeemais</i> .	39
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los centros de origen y domesticación de las Plantas cultivadas.	5
Figura 2. Mapa de localización del Sitio Experimental.	32
Figura 3. Porcentaje de mortalidad del insecticida cipermetrina sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .	36
Figura 4. Porcentaje de mortalidad del insecticida permetrina sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .	37
Figura 5. Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .	39

RESUMEN

El mayor problema del almacenaje de granos es pérdida producida por roedores, insectos, hongos y bacterias, que deterioran y destruyen los alimentos. Este problema es importante para los agricultores de subsistencia, ya que el maíz almacenado es parte de los alimentos básicos consumidos durante el año. Por ello, el objetivo de este trabajo es: Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Primero se estableció la colonia de *sitophilus zeamais*, en el laboratorio de toxicología de esta universidad, se colocó maíz en frascos de vidrio, se introdujo al refrigerador por 72 horas, al término de este tiempo se dejó a temperatura ambiente para quitar el frío y luego se introdujeron 200 adultos para que ovipositen y se retiraron a las 24 horas, dejando solo los huevecillos y se le dio seguimiento hasta que emergieran los adultos.

Con este experimento se demostró que la permetrina es el insecticida que mejores resultados mostraron al presentar mortalidades del 50 % de la población de adulto de *sitophilus zeamais*. En niveles más bajos de mortalidad encontramos al diazinon y por último la cipermetrina. La permetrina de acuerdo a la mortalidad presentada es una buena alternativa para el control de insectos como *sitophilus zeamais*, ya que para este caso se mostró un buen efecto de mortalidad a las 24 horas al presentar un 50% de mortalidad.

Palabras claves: *Sitophilus zeamais*, Mortalidad, Permetrina, Gorgojo del Maíz, Insecticidas.

INTRODUCCIÓN

Los cereales son considerados mundialmente, como las especies vegetales más importantes para la alimentación de los seres humanos y animales domésticos. En consecuencia, su almacenamiento por largos períodos de tiempo es esencial para disponer de alimento en forma constante. Lamentablemente esto se ve entorpecido por los insectos plaga de los granos almacenados que causan cuantiosas pérdidas, tanto en lo económico como en su disponibilidad para consumo. Tal situación se magnifica en el caso de pequeños agricultores, ya que no cuentan con la suficiente información y tecnología para realizar un manejo de postcosecha que minimice el daño causado por estas plagas (Paez, 1987).

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M.) es considerado como plaga primaria de los granos almacenados, atacando fundamentalmente maíz, trigo, arroz, avena. Esta especie fue descrita por Motschulsky en 1855 y se cree que su centro de origen es India, aunque actualmente tiene una distribución cosmopolita (Páez, 1987). Debido a que *S. zeamais* puede volar, el daño puede comenzar en el campo y de ahí trasladarse al lugar de almacenamiento, o viceversa. El mayor daño lo produce la larva, ya que todo su desarrollo y crecimiento lo realiza en el interior del grano, alimentándose principalmente del endosperma, aunque cabe destacar que también los adultos se alimentan de él, siendo su daño de menor relevancia (Cotton y Wilbur, 1982; Paez, 1987; García-Correia, 2002; Silva *et al*, 2003).

La presencia de este insecto en granos almacenados trae como consecuencia la pérdida de calidad del grano, tanto para consumo humano y de animales domésticos, como para semilla (Pizarro, 2002). El daño puede traducirse en pérdida de peso, muerte del embrión, pérdida del poder germinativo y

disminución del contenido de almidón y otros nutrientes, lo que va en perjuicio de su valor nutritivo y comercial. Además el daño causado por estos insectos permite la infestación del grano por plagas secundarias como *Tribolium* spp. y por enfermedades fungosas (Champ y Dyte, 1976; Cotton y Wilbur, 1982; Larraín, 1994). Se estima que las pérdidas pueden llegar a ser, en promedio, del orden del 10 al 30% (Christensen y Kaufmann, 1976; McFarlane, 1989; Larraín, 1994; Silva *et al*, 2003).

El uso de productos químicos para controlar plagas agrícolas ha sido la constante de los últimos 50 años (Hall, 1971; Champ y Dyte, 1976; Cañarte, 2002; Rodríguez *et al*, 2003; Vendramin y Rodríguez, 2003), siendo este tipo de control el que más se recomienda y sobre el cual se ha desarrollado una amplia serie de investigaciones que avalan su uso y especifican en detalle su manejo. Pero, estos compuestos químicos sintetizados artificialmente, en muchos casos, se han usado en forma irracional y no han sido incorporados en un manejo integrado de plagas, lo que ha provocado que se incrementen los problemas de resistencia de los insectos, irrupción de plagas secundarias, eliminación de enemigos naturales, resurgencia de plagas, intoxicación de usuarios y consumidores, residuos en los alimentos y contaminación ambiental (Hall, 1971; Champ y Dyte, 1976; Cotton y Wilbur, 1982; Primo, 1991; Rodríguez, 2000; Mareggiani, 2001).

Objetivo

Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Justificación

Los insectos que dañan los granos y sus productos durante el almacenamiento, comenzaron a ser importantes después de que el hombre descubrió que podía guardar sus cosechas para utilizarlas posteriormente como fuente de alimento o semilla. Se sabe que el Gorgojo del maíz *Sitophilus Zeamais* es una plaga de suma importancia ya que afecta a los granos almacenados.

Hipótesis

Se espera que al menos uno de los insecticidas evaluados presente una CL_{50} baja en el control de *Sitophilus zeamais*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Maíz

Uno de los más grandes genetistas del siglo XX y estudioso de las plantas cultivadas, Nikolai Vavilov consolidó el concepto de centro de origen.

Es gracias a sus estudios que se conocen y exploran las ocho grandes regiones del mundo en las que se originaron las plantas cultivadas. Más que teoría, es el trabajo práctico y la exploración biogeográfica lo que constituye el legado de Vavilov a la humanidad. Este legado se conserva en uno de los primeros bancos de germoplasma de las especies cultivadas del mundo, construido a principios del siglo XX, en Leningrado. Se ha definido como “centro de origen” de plantas cultivadas a una zona geográfica en donde se encuentra un máximo de diversidad del cultivo y en el que coexisten o coexistieron sus parientes silvestres (Figura 1). En particular, Vavilov toma en cuenta varios aspectos para definir a los centros de origen de los cultivos agrícolas: 1) se trata de áreas geográficas en las que éstos se siguen cultivando; 2) se asocian a grandes extensiones de territorio y; 3) “los focos primarios del origen de los cultivos se encuentran en las regiones montañosas”. Según las observaciones de Vavilov, el origen del maíz junto con aproximadamente 49 especies más, está en el Centro Primario (VII) que se localiza desde el centro sur de México, hasta la mitad del territorio de centro América. Desde sus primeras exploraciones en México, para Vavilov fue evidente que *Euchlaena*, género en el que antiguamente se clasificó al teocintle, era el pariente silvestre más cercano del maíz. Junto con el maíz, el teocintle se describió desde tiempos de la Colonia en México.

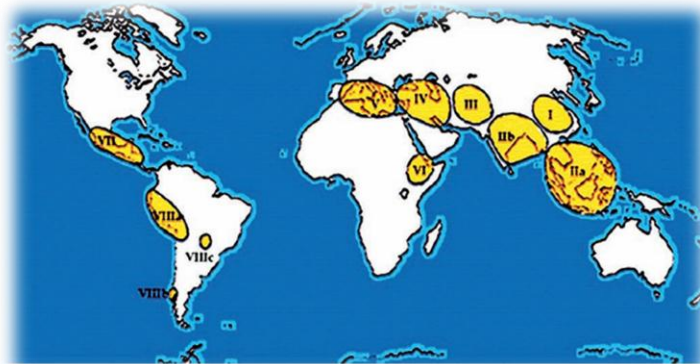


Figura 1. Localización de los centros de origen y domesticación de las plantas cultivadas.

Descripción Botánica de la Planta del Maíz

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de

una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.

En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Clasificación Taxonómica del Maíz. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Avat%C3%AD>)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Tribu: Andropogoneae

Género: *Zea*

Especie: *mais L*

Plagas y Enfermedades del Maíz

Plagas

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Gusano elotero (*Elicoverpa zea*)

Barrenador del tallo (*Diatraea sp*)

Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Enfermedades

Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*)

Roya del maíz (*Puccinia sorghi*)

Carbón común (*Ustilago maydis*)

Pudrición de la raíz (*Fusarium sp*)

Principales Plagas de Granos Almacenados

Tribolium confusum, *Sitophilus oryzae* (L.), *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus zeamais* Motsch, *Sitophilus granarius* (L.), *Rhizipertha dominica* (F.), *Cryptolestes pusillos* Sch, *Oryzaephilus surinamensis* (L) y *Tenebroides mauritanicus* (L.)

Importancia de los Insectos de los Granos Almacenados

Actualmente, el almacenaje se ha convertido en una práctica de elevado contenido técnico, gracias a la acumulación de experiencias a lo largo de miles de años. Asociar el almacenaje con la política actual de implementar reservas reguladoras debe llevar a conservar científicamente los granos, y a solucionar múltiples factores físicos, químicos y biológicos que se encuentran íntimamente concentrados con esta compleja actividad. La cosecha en la época adecuada, la limpieza, el secado, los almacenes adecuados en cuanto a ubicación, orientación y proyecto, los silos con sistemas de aireación, y la calidad del producto durante el periodo de almacenaje, determinan su conservación (Arias, 1985).

La magnitud de la pérdida varía en cada país en todos los años, estadística sobre pérdidas en postcosechas solo se reportan en granos de los cuales se pierde el 30 % de la cosecha mundial antes de que se consuma, en la India, y gran parte de África, se pierde hasta un 30 % de la cosecha anual almacenada.

Estimaciones realizadas para América Latina indican que las pérdidas anuales se ubican en un rango del 15 al 20 %, mientras que en Brasil solo se pierde un poco más del 15 % durante la producción y postcosecha. En México no existe registro de pérdidas en lo que se refiere a semillas, pero en granos oficialmente se pierden 1.5 % mensual, aunque otras fuentes determinan que estos alcanzan el 10 % y lo atribuyen a insectos, hongos y otros factores (5, 2 y 3 %). Aun cuando nuestro país las estadísticas indican una fuerte problemática en grano, no se descarta la posibilidad de que en semillas exista pérdidas en el sector industrial como en el rural, siendo este último el que presenta a mas pérdidas por deficientes prácticas de almacenamiento alcanzando hasta un 30 % (Vázquez B, 2000).

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 *Rhizopertha 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).

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).

El origen de las infestaciones de *Sitophilus spp.* En los almacenes, se inicia en el campo antes de la cosecha, y está relacionada con factores climáticos, de los cuales el más importante es el porcentaje de humedad del medio. Gonzáles 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 orizae* (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), *Orizaephilus 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 varía 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 par de alas. El tórax está denso 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 consideró 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 está denso y uniformemente punteado, con hoyos redondeados.

Gorgojo del Maíz *Sitophilus zeamais*

Descripción del Insecto.

Los nombres comunes de este insecto son; gorgojo y/o picudo del grano de maíz. Su nombre científico es *Sitophilus zeamais* Motschulsky (L.) (Coleoptera: *Curculionidae*). Esta especie de insectos se considera de las más destructiva y común 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 mm 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).

Distribución e Importancia de Gorgojo del Maíz

A este insecto se le encuentra principalmente en las zonas cálidas húmedas, tropicales y subtropicales. Paulatinamente ha desplazado al gorgojo del arroz, en algunos países con clima tropicales, que era originalmente predominante (González *et al.*, 1983).

Sitophilus zeamais tiene preferencia por el maíz y de ahí le viene su nombre vulgar y técnico. Además del maíz ataca a un gran número de cosechas de cereales, causando cuantiosas pérdidas en las regiones de clima caliente y húmedo, reduciendo las semillas a polvo y cascara. Los adultos vuelan de los graneros a los campos, donde inicia las infestaciones, las que pueden continuarse después de las cosechas y constituirse en una plaga destructiva en el almacén.

Al gorgojo del maíz se le considera como plaga primaria porque el adulto es capaz de dañar los granos sanos y las larvas se alimentan en su interior. Al emerger, el adulto deja típicos orificios en los granos. En harina y productos de la molienda se considera de importancia secundaria ya que no es capaz de multiplicarse. Se han reportado causando daños en semillas de oleaginosas pero en este caso no se reporta el daño en frijol (González *et al.*, 1983).

Clasificación Taxonómica

Borror *et al.*, (1981). Ubica a *Sitophilus zeamais* como a continuación se describe:

Reino: Animal

Phyllum: Artropoda.

Clase: Insecta.

Subclase: Pterigota.

Orden: Coleóptero.

Suborden: Pollyphaga.

Super familia: Curculionoidea.

Familia: *Curculionidae*.

Subfamilia: Rhynchophorinae.

Género: *Sitophilus*.

Especie: *zeamais*

Descripción Morfológica del Gorgojo del Maíz

El adulto es parecido al gorgojo del arroz *Sitophilus orizae* pero es de color más oscuro y, mide 3.8 mm de longitud, aproximadamente; en el protórax se pueden observar punturas redondas sin dividirlo, la curvatura del edeago es en forma de gancho, superficie dividida por dos canales y alas posteriores funcionales (Pérez, 1993).

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

Adulto

Presenta un rostrum característico y antena en forma de codo, peculiar de los curculiónidos. Los adultos miden de 2.5 a 4 mm de largo y son de color café a negruzco y café rojizo cuando están recién emergidos. El pronoto es casi tan largo como los élitros. Los élitros tienen ranuras longitudinales (Gutiérrez, 1990). El adulto presenta cuatro manchas amarillentas o rojizas en los élitros y sólo se diferencia de *Sitophilus oryzae* por sus genitales.

Huevo

Son de color blanco aperlados llegando hasta café claro, de forma ovalada y son ovipositados en huecos que la hembra hace en el grano los cuales sella con una secreción para la protección de los mismos (Gutiérrez, 1990).

Larva

Son apodas color blanco sucio, redondeadas, cápsula cefálica de color café claro, cabeza color oscuro y cuerpo recurvado y normalmente se encuentran en túneles dentro del grano (Gutiérrez, 1990).

Pupa

La pupa es del tipo exarate de color blanco aperlado mide aproximadamente 5 mm de longitud y se encuentra en el interior de los granos (Gutiérrez, 1990).

Biología, Hábitos y Daños

Los adultos son buenos voladores, lo cual les facilita iniciar su infestaciones en el campo antes de la cosecha, la hembra adulta con sus mandíbulas abre un agujero en el grano, donde oviposita y luego lo sella con secreciones gelatinosas. Por lo general, solo deposita un huevo por postura y puede poner de 300 a 400 en su vida (cinco meses). Los huevos son ovipositados durante todo el periodo del adulto, pero el 50% de éstos, los oviposita en las primeras cinco semanas, al eclosionar, la larva se alimenta del interior del grano destruyendo el embrión; la larva pasa por cuatro instares de los cuales el último, llega a medir 4 mm de longitud, al emerger el adulto corta agujeros circulares en la testa y se alimenta del grano. El tiempo de huevo a adulto es de aproximadamente cuatro semanas en condiciones óptimas (30°C y 70% HR) y hasta cinco meses a temperaturas más bajas (Dell' Orto y Arias, 1985).

Los daños son similares al gorgojo del arroz pero tiene preferencia por el maíz de ahí su nombre común, además ataca un gran número de granos cosechados causando cuantiosas pérdidas, prefiere climas calientes y húmedos reduciendo al grano en polvo y cascara, los adultos invaden los almacenes cuando terminan las cosechas y viceversa; en México se calcula que las pérdidas por este insecto en maíz almacenado rebasan el 20 % (Pérez, 1993).

Métodos de Control

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

Control Biológico

El control biológico fue definido en 1987 por la Academia Nacional de Ciencias (NAS) de Estados Unidos como el uso de organismos naturales o modificados, genes o productos genéticos que reducen el efecto de organismos indeseables (plagas) y favorece a organismos útiles como cultivos, árboles, animales e insectos benéficos y microorganismos (García, 1988).

Según Brower *et al*, (1996), el uso del control biológico en granos almacenadas presenta muchas ventajas como es que la liberación de los enemigos naturales en ambientes confinados los protege de las condiciones adversas del clima, además que los agentes controladores que sobreviven hasta las últimas etapas del almacenamiento no son dañinas como pueden llegar a serlo los residuos de plaguicidas, no se conoce resistencia por parte del insecto plaga (huésped) y no ponen en peligro a los operadores que realizan la aplicación (liberación en este caso). Aunque también estos autores señalan algunas desventajas como por ejemplo que los enemigos naturales son muy específicos y

actúan lentamente además de que se requiere de infraestructura permanente para su reproducción y su éxito puede requerir liberaciones demasiado frecuentes lo cual podría producir que el grano se pueda contaminar por la presencia de los restos de los insectos muertos producto de las múltiples liberaciones. El uso de enemigos naturales para el control de plagas de los granos almacenados puede ser con insectos depredadores o parasitoides.

Depredadores

Una amplia variedad de depredadores atacan a las plagas de los granos, semillas y productos almacenados (Brower *et al.* 1996). Sin lugar a dudas los dos órdenes más importantes son Coleoptera y Hemiptera. Según Baur (1992), las familias más importantes de Coleopteros depredadores son *Carabidae*, *Staphylinidae* e *Histeridae* pero los depredadores más comúnmente encontrados en productos almacenados son las chinches de la familia *Anthocoridae* y específicamente *Xylocoris flavipes*. Antecedentes reportados por Brower *et al.* (1996). Indican que este depredador después de 16 semanas fue capaz de disminuir en un 97 a 99% la población de *Oryzaephilus surinamensis*, en un 97.6% la de *Tribolium casteanum* y en un 78.8% la de *Plodia interpunctella*.

Parasitoide

La mayoría de los parasitoides que atacan plagas de los granos almacenados son del orden 20 Hymenoptera (Baur, 1992). Según Brower *et al.* (1996), los parasitoides en este contexto se pueden dividir en aquellos que parasitan a plagas que se alimentan del interior del grano y aquellas que atacan a las que se alimentan de la parte externa. De las primeras se destacan

pteromalidos como *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus cerealellae* y *Theocolax elegans*. Por ejemplo Baur (1992), señala que *Anisopteromalus calandrae* y *Theocolax elegans* reducen la población de *Sitophilus zeamais* Motshulsky en un 25 a 50% en maíz almacenado. En el caso de aquellos que parasitan plagas externas al grano Brower *et al.* (1996), menciona a *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma evanescens* quienes atacan a los diferentes estados inmaduros de estas plagas pero especialmente huevecillos. A su vez también se destaca el *Braconido Bracon bebetor* Say que parasita larvas de varias polillas como por ejemplo *Plodia interpunctella* en la que reduce la emergencia en un 74% y en un 97% en *Ephestia cautella* (Baur, 1992).

Hongos Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos para algunos autores constituyen una alternativa interesante en la protección de semillas almacenadas. Estos básicamente actúan invadiendo el cuerpo de su huésped penetrando la cutícula o exoesqueleto. Una vez en el celoma, se multiplican rápidamente y se dispersan a través del cuerpo. La muerte del insecto es ocasionada por la destrucción de tejidos y, ocasionalmente, por toxinas producidas por los hongos. Una vez que la plaga muere, los hongos emergen de su cuerpo para producir esporas, las cuales, llevadas por el viento, lluvia o por otros insectos pueden expandir la infección (Boucias y Pendland, 1998).

Por ejemplo, Moino y Alves (1995), de un total de 72 aislamientos de *Beauveria bassiana*, encontraron 10 que demostraron tener efecto sobre *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* y *Rhyzopertha dominica*, llegando en algunos casos hasta una mortalidad cercana al 100%. En un trabajo posterior los mismos autores (1998), obtuvieron reducciones de hasta un 60% de *Sitophilus zeamais* con inoculaciones de este mismo hongo.

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 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).

Fumigante

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

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

Es el desarrollo de habilidad de tolerar dosis de tóxicos, las cuales resultarían letales a la mayoría de los individuos en una población normal de una misma especie.

Según la FAO es una respuesta disminuida de la población de una especie de animales o plantas a un plaguicida o agente de control como resultado de su aplicación.

Mecanismo 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

Georghiou (1965) clasificó la resistencia en tres tipos: por comportamiento; morfológica y fisiológica.

Resistencia por Comportamiento

La resistencia comportamiento es cuando los insectos no entran en contacto con el insecticida debido a un comportamiento de escape (Monge, 1986). Se refiere a los patrones de comportamiento que contribuyen a la resistencia, estos pueden ser hábitos tales como la preferencia a descansar en áreas no tratadas con insecticidas en lugar de áreas tratadas, o bien la detección del insecticida y la tendencia a evitarlo antes de ponerse en contacto con él (Carrillo, 1984). La interrupción de la exposición al insecticida, se puede deber a una acción irritante o bien a una acción repelente. La acción irritante que produce un insecticida en algunos miembros de la población, ocasiona que éstos no sean controlados por el agroquímico. Por tanto, cuando dichos individuos se vuelven mayoría en la población, se dice que es resistente, cuando en realidad dichos individuos son más susceptibles que los normales, ya que si son expuestos forzosamente al tóxico, su DL_{50} será menor que la de los individuos normales (Lagunés, 1991).

Resistencia Morfológica

Se presenta cuando alguna característica morfológica ocasiona la resistencia, por ejemplo, una menor área de exposición al tóxico (Carrillo, 1984). Debido a las características morfológicas de los insectos, éstos no son afectados por los insecticidas (principalmente por impermeabilidad en la cutícula), (Monge, 1986).

Resistencia Fisiológica o Bioquímica

Es el tipo de resistencia más importante; los insectos adquieren resistencia de dos formas. Por adición de un mecanismo de protección. Por insensibilidad en el sitio de acción. La más frecuente que puede ser debido a mecanismos de protección tales mayor almacenamiento en tejidos inertes. También se pueden presentar alteraciones en el sitio de acción. Con fines de manejo, los tipos de resistencia se agrupan en mecanismos de resistencia metabólicos y no metabólicos. Son mecanismos metabólicos cuando involucran cambios enzimáticos, y no metabólicos cuando se refiere a cambios en sensibilidad del sitio activo, en la tasa de penetración, almacenamiento o excreción, así como en el comportamiento o la forma de los insectos.

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 Lagunés 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 Toxico

La toxicidad de los insecticidas a un organismo se expresa usualmente en términos de CL_{50} (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 término CL_{50} (concentración letal cincuenta), ésta determina la concentración del compuesto que mata el 50 por ciento de los animales expuestos en un periodo específico, generalmente de 24 horas. El método comúnmente empleado para insectos de granos almacenados es el de la exposición residual aplicada 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 graficará 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 tóxico. 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 DL_{50} ó CL_{50} , 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 (Lagunés y Villanueva, 1995).

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 Shrader, quien produjo los gases nerviosos altamente activos como el tabun y el sarin.

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 más 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 pérdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte (Cremllyn, 1995).

Diazinon

Es un insecticida-acaricida Organofosforado que actúa por contacto e ingestión e inhalación y cierta acción penetrante. No es ovicida. Interfiere la transmisión de los impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa. Se degrada rápidamente en el suelo en condiciones aerobias y anaerobias, vida media inferior a 14 días. Se considera poco persistente (6 semanas). Es ligeramente móvil en suelos con bajo o medio contenido de materia orgánica, e inmóvil en los de alto.

Insecticida Piretroide

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

Cipermetrina

La cipermetrina es un insecticida acaricida piretroide, presenta un uso agrícola, urbano, industrial pecuario y domestico 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, in condiciones de uso moderado no representa un peligro para el ambiente debido a su rápida descomposición.

Permetrina

Es un plaguicida sintético de amplio espectro perteneciente al grupo químico de los piretroides, cuyo mecanismo de acción es la neurotoxicidad. La permetrina es un piretroide de tercera generación.

Se usa principalmente para matar insectos, arañas y orugas, como también para repeler una amplia gama de insectos. Produce reacciones de hipersensibilidad en mamíferos, incluyendo a los seres humanos. [www.rap-al.org /](http://www.rap-al.org/)
info@rapal.cl

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Toxicología ubicado en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

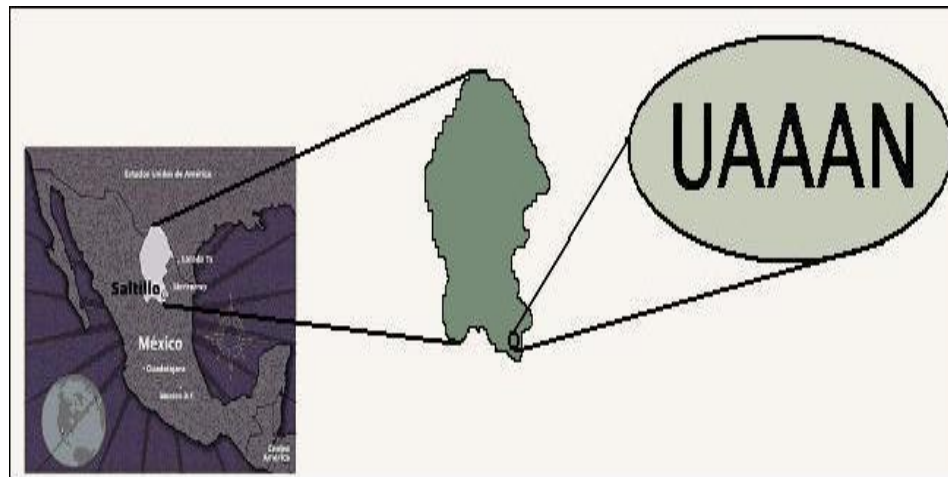


Figura 2. Mapa de localización del Sitio Experimental.

Material Biológico

El material biológico usado fueron adultos del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* y la identificación puntual de la especie se efectuó de acuerdo a las claves taxonómicas que aparecen en Gorham (1987).

Colonia Madre

La cría del insecto gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* se inició a partir de individuos de una colonia depositados en frascos de vidrio mantenidas en el laboratorio de toxicología, en el departamento de parasitología, con fines de enseñanza e investigación. Estos insectos se multiplicaron colocándose en frascos de vidrio de 3713 ml de capacidad, utilizando maíz blanco como sustrato en una cámara bioclimática LAB-LINE a una temperatura controlada de 30 °C y fotoperiodo de 12:12 horas luz oscuridad.

Para este trabajo se utilizo insectos de la misma edad para esto, se utilizo maíz blanco depositado en frasco de vidrio puesto en refrigeración a una temperatura de -20 °C durante tres días esto con la finalidad de eliminar organismos indeseables que pudiera contener el producto y pudieran ocasionar alguna interferencia con la cría. Después de las 72 horas se pasó en la cámara bioclimática durante 24 horas con el propósito de proporcionar condiciones óptimas para su desarrollo de esta especie.

Ya obtenido el maíz con las condiciones optimas se procedió a tamizar los insectos de la colonia madre dentro de los frascos a los cuales se les coloco una tapa perforada así como una malla y un papel filtro para evitar el movimiento de

organismos de adentro hacia afuera o viceversa, luego fueron colocados en la cámara bioclimática en un lapso de tiempo de 24 a 48 horas.

Cuando la colonia se estableció, el sustrato fue tamizado con el objetivo de eliminar insectos emergidos e impurezas y dejar el sustrato solo con huevecillos de estos, volviéndolos a poner en la cámara bioclimática y así obtener ejemplares de individuos recién emergidos y de edad uniforme para las pruebas.

Plaguicidas Evaluados

Los plaguicidas evaluados para el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais*, fueron seleccionados de acuerdo a las recomendaciones técnicas más utilizadas en el saneamiento de almacenes, los cuales fueron Diazinon, Permetrina y Cypermetrina.

Método del Bioensayo

El método de bioensayo utilizado para la evaluación de los plaguicidas fue el de película residual (FAO, 1974), utilizando diferentes concentraciones para dicho trabajo.

Técnica de película residual

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

Cada tratamiento conto con tres repeticiones y un testigo. El recipiente utilizado fue una caja petri, con tres concentraciones más un testigo, dando lugar de 21 unidades experimentales para cada insecticida a evaluar.

El bioensayos se realizo con insectos adultos de *Sitophilus zeamais*, se utilizaron cajas petri, una vez teniendo las concentraciones preparadas se procedió la aplicación de 1 mL de la solución por las paredes de las cajas petri impregnando todo la caja petri y una vez que se logro la cobertura, se retiro el exceso de humedad de la solución de la caja petri para posteriormente depositar los 10 insectos adultos de *Sitophilus zeamais* en cada caja petri y sellar con cinta compac para evitar la salida de los insectos. El material tratado fue colocado en la cámara de incubación bajo condiciones controladas para evitar mortalidad por efecto de la temperatura y humedad relativa.

Las observaciones de mortalidad se realizaron a las 24 horas, se considero como individuo muerto aquel que no presentara movilidad alguna. Utilizando una fuente de calor llamada plancha eléctrica en donde se colocaban los insectos y al sentir la temperatura se movían de lugar. Con los datos obtenidos se determino los porcentajes de mortalidad de cada concentración, para posteriormente determinar los valores de CL_{50} , mediante el análisis pro-bit.

Análisis Estadístico

Con los resultados de los bioensayos se realizaron los análisis probit, donde se obtuvo la CL_{50} , CL_{95} y limites fiduciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de Mortalidad de *Sitophilus zeamais*

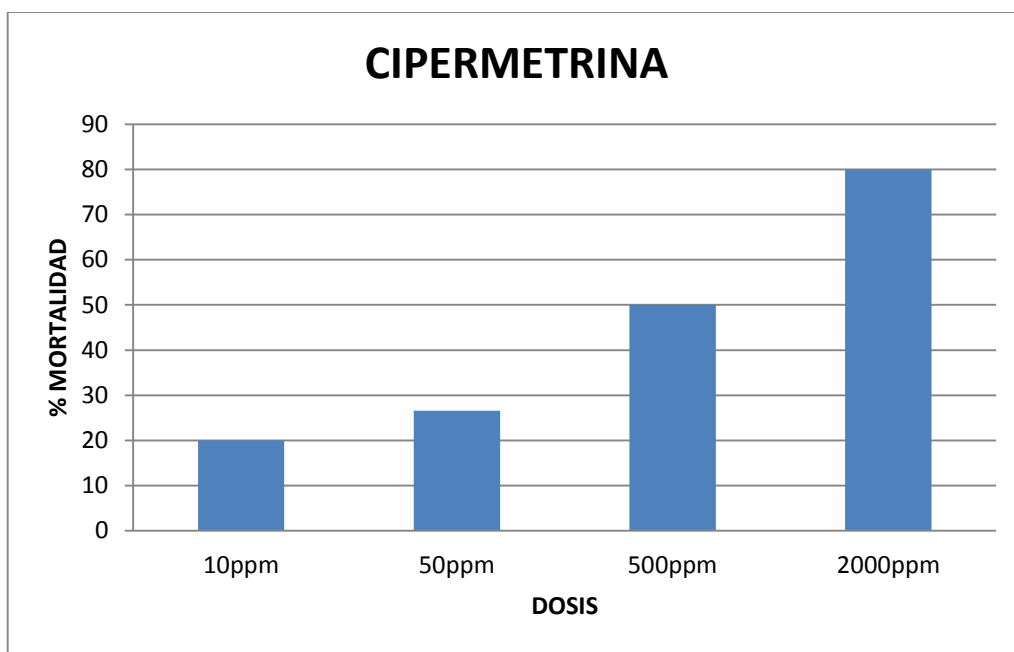


Figura 3. Porcentaje de mortalidad del insecticida cipermetrina sobre *Sitophilus zeamais*.

Como se puede apreciar en la grafica (Figura 3) la dosis de 500 ppm alcanza una mortalidad del 50%, mientras que la dosis de 2000 ppm obtuvo el porcentaje más alto de mortalidad con un 80%, quedándose las dosis de 10 y 50 ppm por debajo de los 50% de mortalidad.

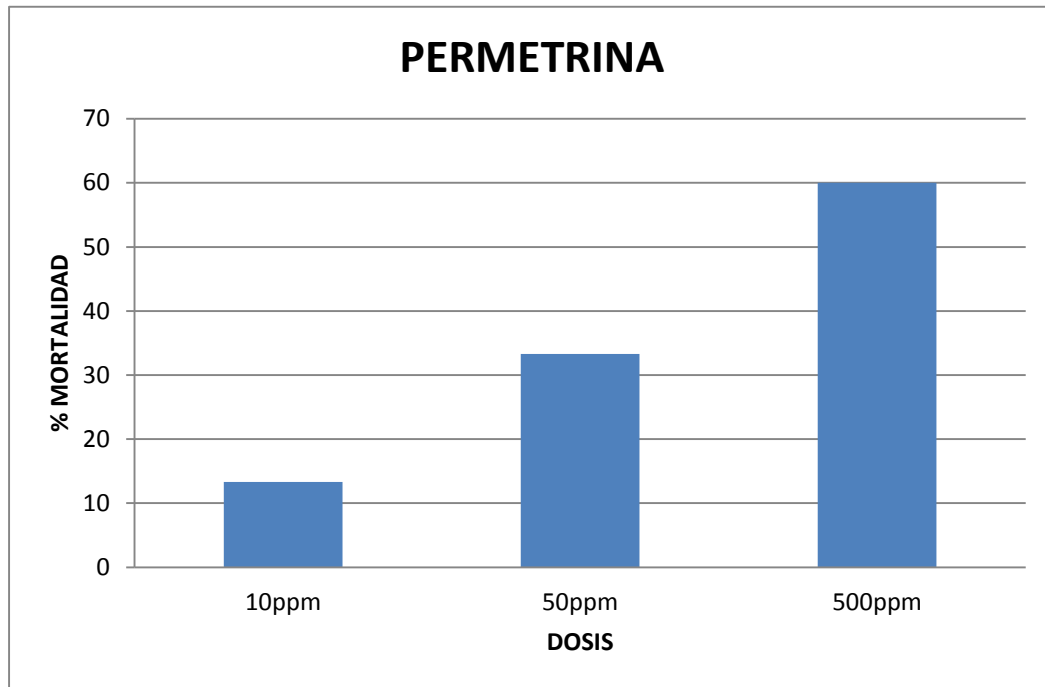


Figura 4. Porcentaje de mortalidad del insecticida permetrina sobre *Sitophilus zeamais*.

En relación al producto permetrina podemos observar que en la grafica (Figura 4) la dosis de 500 ppm alcanza una mortalidad del 60%, mientras que las dosis 10 y 50 ppm obtuvieron mortalidades por debajo de los 50%.

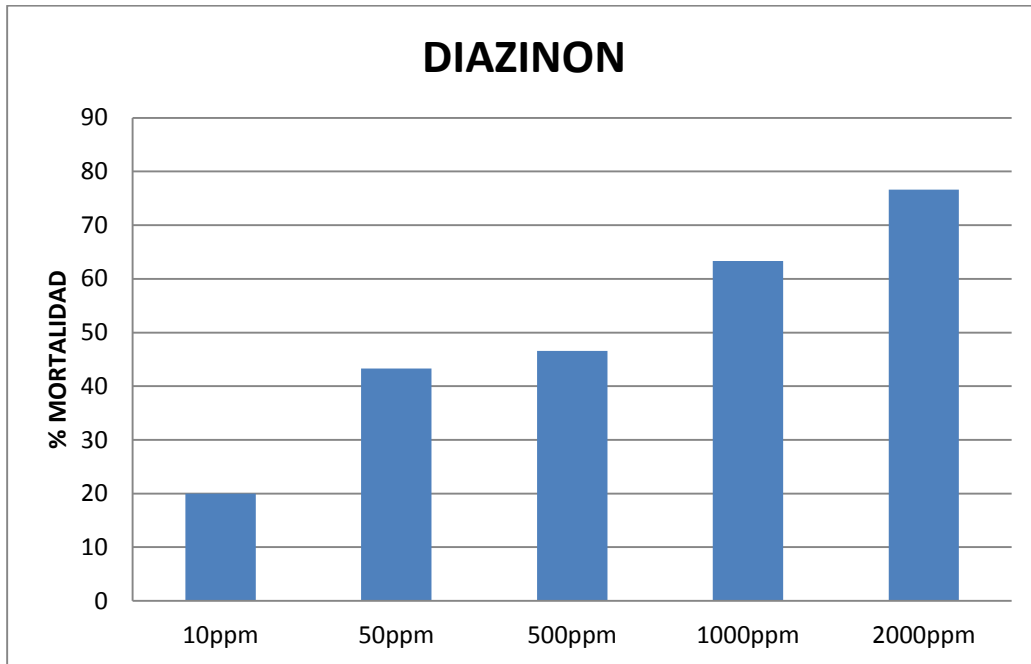


Figura 5. Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre *Sitophilus zeamais*.

Para el caso del insecticida Diazinon podemos observar que en la grafica (figura 5) las dosis de 1000 y 2000 ppm fueron los que mostraron mayor porcentaje de mortalidad con un 63.3 - 76.6 %, mientras que las dosis de 10, 50 y 500 ppm quedan por debajo de los 50% de mortalidad.

Determinación de CL₅₀, CL₉₅

Cuadro 1. CL₅₀, CL₉₅ y Parámetros de confianza a los 24 horas para *Sitophilus zeamais*.

Productos	# Ind.	CL 50	LFI - LFS	CL 95	Ecuación de predicción
Cipermetrina	210	263.40	19.38-93157	55576	Y= -1.71+0.7076(X)
Permetrina	210	218.95	135.89-423.0	27367	Y= -1.83+0.7844(X)
Diazinon	210	226.83	29.79-1594	189665	Y= -1.32+0.5628(X)

Con respecto a los valores de la concentración letal media (CL₅₀), podemos observar (Cuadro 1) que el producto con una mayor CL₅₀, fue la Cipermetrina, seguido de la Diazinon y finalmente el Permetrina, con valores de 263.40, 226.83 y 218.95 ppm respectivamente. Por lo anterior podemos mencionar que la Permetrina es el producto con una mayor eficiencia. En relación a la CL₉₅ el comportamiento fue diferente ya que el producto con mayor CL₉₅, fue el Diazinon. Con respecto al producto permetrina. García (1992) reportan valores de CL₅₀, que oscilan entre 110 y 390 ppm, lo cual en el presente trabajo apreciamos que la dosis de permetrina se encuentra en el rango aceptable al que hace referencia el autor.

Mientras que para el producto malation, del grupo toxicológico de los organofosforados al igual que diazinon, Arenas y Sánchez (1988). Reportan una CL₅₀, de 134.1 ppm, estos resultados son inferiores a los que se reportan en esta investigación.

Finalmente para la cipermetrina estos mismos autores reportan una CL₅₀, de 240 ppm, resultado inferior a lo que se obtuvo en este trabajo, por lo anterior podemos mencionar que el producto permetrina sigue siendo una buena alternativa de control contra esta especie de gorgojo.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que:

El producto de permetrina del grupo toxicológico de los piretroides a dosis de 218.95 ppm presenta una mortalidad del 50% de la población adulta de *Sitophilus zeamais*, seguido por diazinon (organofosforado) con una dosis de 226.83 ppm y por último la cipermetrina (Piretroide) con dosis de 263.40 ppm.

El control de *Sitophilus zeamais* el efecto fue rápido llegando a alcanzar el 60 % de mortalidad a las 24 hrs con el insecticida permetrina con la dosis más alta de 500 ppm.

La permetrina de acuerdo a la mortalidad presenta una buena alternativa para el control de *Sitophilus zeamais* ya que para este caso mostraron buen efecto de mortalidad a las 24 horas.

LITERATURA CITADA

- Arias, V. C. J. 1985. Programa de prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. FAO. RLA. www.fao.org/inpho/vlibrary/x0053s/xoo53oo.htm.
- Bacopulus, M.E.2003.Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacén con aplicación de Clorpirifos metil, Deltrametrina y su efecto en la calidad de la semilla de Maíz. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México p 8.
- Baur 1992. Control orgânico de plagas de granos almacenados.
- 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.
- Boucias,D, J. Pendland. 1998. Principles of insect pathology. Kluwer Academics Publishers. Norwell. Massachussets. USA. 550p.
- Bond, E.J.1973. Chemical control of stored grain. Insects and mites. Grain storage part of a system. Sinha Muir. The Avi Publishing Co. U.S.A. 875 p.
- Brwoer, 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.
- Cimmit, 1998. "finding resistance to maize storaghe pest", <http://1928.93.203/about/AR97Findding.htm>

- Cotton, R., D. Wilbur. 1982. Insects. pp. 281-315. In: C. Christensen (Ed.) Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, USA.
- Champ, B. R., C. E. Dyte. 1976. Informe de la prospección mundial de la FAO sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de los granos almacenados. FAO. Roma, Italia.
- Christensen, C., H. Kaufmann. 1976. Contaminación por hongos en granos almacenados. Ciudad de México, México.
- Cañarte, E. 2002. Oportunidad de los insecticidas vegetales en el manejo racional de cultivos rentables. pp. 24-47. En: R. Hepp y G. Silva (Ed.) Memoria. Simposio Internacional Manejo Racional de Insecticidas, 28 - 29 de Noviembre de 2002. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
- Carrillo, R. H. 1984. Análisis De Acción Conjunta de Insecticidas en Larvas del Gusano Cogollero del Maíz (J.E: Smith) (Lepidoptera: *Noctuidae*). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapíngo, México, p. 82.
- Cremlin, R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México, DF. 335p
- Dell 'Orto, T. H. y C. Arias V. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Of, Reg. De la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- Dyte, C.E. and D.G.Blackman.1972. Laboratory Evolution of orgnophosphorus insecticides against susceptible and malathion resistant strains of *Tribolium cataneum* (Herbst) Coleoptera: *Tenebrionidae*. J. Stored Prod. Res. 103-109. Elliot, M.N.N.F.
- 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, R., L.E. Caltagirone y A.P. Gutiérrez. 1988. Comments on a redefinition of biological control. *BioScience* 38(10):692-694
- Georghiou, G. P. 1965. Genetic studies on Insecticide Resistance. *Adv. Pest Control Res.* 6:171.
- Gutiérrez D, L. J. 1990. Insectos que infestan los granos y productos almacenados (listado de especies reportadas a nivel mundial). *Soc. Mex. Ent. Edic. Mex. Postcosecha.* 46 p.
- González, J., O. Arregoces, R. Hernández y O. Parada. 1983. Insectos y ácaros plagas y su control en el cultivo de arroz en América Latina. Ed. Federación Nacional de Arroceros. Bogotá, Colombia. pp: 50-54.
- 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.
- Gorham, J. R., ed. 1987. *Insect and Mite Pest in Food: An Illustrated Key.* U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook Number 655. 767p.
- Hall, D. W. 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. Cuadernos de fomento agropecuario N° 90, FAO. Roma, Italia.
- Hinton, H. E. and Corbet, A.S. 1995. *Common Insect Pest of Stored Products, a Guide to their Identification.* Ed. British Museum (Natural History). Economic Series 5. London, England.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. *IPA, La Platina* (81):10-16.
- Lagunés, A. y J.A. Villanueva. 1995. *Toxicología y manejo de insecticidas.* Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México D.F.

- Lagunés, T. A. 1991. Notas del Curso de Toxicología y Manejo de Insecticidas (Documentos de Trabajo). Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo- Chapingo, Méx. p.195.
- Matute.D.y R. Trabanino.1999. Manejo integrado de plagas en honduras. Sección 1. Reconocimiento y Manejo de las principales plagas. Zamorano. 5061 Academia Press, Honduras.
- Monge, L. A. 1986. Manejo Racional de Insecticidas. Resistencia y rotación. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. p. 74.
- Moino, A. S. y. Alves B. 1995. Bioensayos con *Beauveria bassiana* (BALS) Vuill para controlar de plagas de granos almacenados. Revista de Agricultura 70(3):248.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas (60):22-30.
- McFarlane, J. A. 1989. Guidelines for pest management research to reduce stored food losses caused by insect and mites. Bulletin N° 22. Overseas Development Natural Resources Institute. London, England.
- Parkin. 1965. The on set of insecticide resistance a mongfield populations of stored products insects. J. Stored Products Insects, J. Stored Prod. Res. 1:3-8.
- Paez, A. 1987. Uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: *Curculionidae*) en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencia Agrícolas. Montecillo, México.
- Pérez, J. M. 1993. Uso de polvos minerales y vegetales para el control de insectos de almacén. En insectos de granos almacenados, biología, daños, detección y combate. pp: 18-22.

- 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. 142p.
- Ponce G. y Cantú P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. Revista salud pública y nutrición. Octubre- Diciembre. Volumen 7. Numero 4.
- Pizarro, D. 2002. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con plantas medicinales en polvo. Memoria de título, Ing. Agron. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
- Primo, E. 1991. Ecología química. Nuevos métodos de lucha contra insectos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- 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.
- Rodríguez, C. 2000. Propiedades plaguicidas del epazote *Teloxys ambrosioides* (Chenopodiaceae). pp. 95-110. En: VI Simposio Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Posgraduados. Texcoco, México.
- Rodríguez, C., G. Silva y J. Vendramim. 2003. Insecticidas de origen vegetal. pp. 89-111. En: G. Silva y R. Hepp (Eds.) Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
- Silva, G., A. Lagunes y J. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: *Curculionidae*) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maiz almacenado. Cien. Inv. Agr. 30(3): 153-160.
- Salomón, 1965 susceptibilidad de *Sithophilus zeamais* Motoscchulsky (Coleoptera *Curculionidae*), desarrollados en 2 sustratos alimenticios a insecticidas de diferente grupo toxicológico en combinación con un sinergista. Tesis de

maestría, universidad autónoma agraria Antonio Narro noviembre del 1995.
3p.

Stadler, T., M. I. Picollo, y E. N. Zerba. 1990 factores ecofisiológicos 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.

Vendramim, J., C. Rodríguez. 2003. Insecticidas y resistencia vegetal. pp. 53-67. En: G. Silva y R. Hepp (Eds.) Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.

Vázquez, B. M. E. 2000. Apuntes del curso de almacén de semillas (Tec505). Maestría en Tecnología de semillas. UAAAN. 20p.

Williams, R. N. And E. H. Floyd. 1970. Flight habits of maize weevil *Sitophilus zeamais*. Jour. Econ. Entomol. 63(5):1585-1588.