



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"SUSCEPTIBILIDAD A CINCO INSECTICIDAS EN
TRES POBLACIONES DEL PICUDO DEL MAIZ
Sitophilus zeamais MOTSCHULSKY (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) PROCEDENTE DE
GUANAJUATO, JALISCO Y CHIAPAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O A G R I C O L A
P R E S E N T A :
TIRSO JESUS SANCHEZ ARRIAGA

ASESOR:

M.C. JOEL PEREZ MENDOZA
ING. JOSE LEONIDES SANCHEZ GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| LISTA DE CUADROS..... | i |
| LISTA DE FIGURAS..... | ii |
| RESUMEN | iii |
| INTRODUCCION | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 3.1 Importancia del maíz en México y en el mundo .. | 4 |
| 3.2 Insectos que se alimentan de los granos almacenados | 5 |
| 3.2.1 Origen y evolución de los insectos del almacén | 5 |
| 3.2.2 Importancia económica | 6 |
| 3.2.3 Clasificación y distribución de las plagas | 8 |
| 3.2.4 Insectos que atacan al maíz almacenado en México | 9 |
| 3.3 Picudo del maíz, <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky..... | 9 |
| 3.3.1 Origen y distribución..... | 10 |
| 3.3.2 Posición taxonómica | 11 |
| 3.3.3 Descripción morfológica | 11 |
| 3.3.4 Biología y hábitos | 14 |
| 3.3.5 Granos hospedantes | 15 |
| 3.3.6 Importancia económica | 15 |
| 3.4 Métodos de control | 15 |
| 3.4.1 Control biológico | 16 |
| 3.4.2 Control químico | 16 |
| 3.4.2.1 Control químico en México | 17 |
| 3.5 Efecto del manejo inadecuado de los insecti - cidas | 19 |
| 3.6 Definición de resistencia | 20 |
| 3.7 Naturaleza de la resistencia | 21 |
| 3.8 Mecanismos de resistencia | 22 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.8.1 | Mecanismos metabólicos | 23 |
| 3.8.1.1. | Función oxidativa mixta..... | 23 |
| 3.8.1.2. | Esterasas..... | 23 |
| 3.8.1.3. | DDT-asa..... | 25 |
| 3.8.1.4. | Glutación S-transferasa..... | 26 |
| 3.8.2 | Mecanismos no metabólicos | 26 |
| 3.8.2.1. | Insensibilidad a ciclodienos.. | 26 |
| 3.8.2.2. | Acetilcolinesterasa insensiti- va..... | 27 |
| 3.8.2.3. | Menor penetración..... | 27 |
| 3.8.2.4. | Resistencia al derribo..... | 27 |
| 3.8.2.5. | Mayor excreción y almacenamien to..... | 28 |
| 3.9 | Método de bioensayo por medio de aplicación tópica..... | 28 |
| 3.10 | Estado actual de la resistencia del género <u>Sitophilus</u> en México y en el mundo..... | 29 |
| 4. | MATERIALES Y METODOS | |
| 4.1 | Ubicación del experimento | 34 |
| 4.2 | Colecta del material biológico | 34 |
| 4.3 | Procedimiento de cría | 34 |
| 4.4 | Insecticidas utilizados | 35 |
| 4.5 | Bicensosayos | 36 |
| 4.6 | Análisis estadístico de la información | 39 |
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSION | |
| 5.1 | Toxicidad de los insecticidas en <u>S. zeamais</u> de Yuriria, Guanajuato | 42 |
| 5.2 | Toxicidad de los insecticidas en <u>S. zeamais</u> de Tomatlán, Jalisco | 42 |
| 5.3 | Toxicidad de los insecticidas en <u>S. zeamais</u> de Villa Morelos, Chiapas | 45 |
| 5.4 | Análisis de la toxicidad de los insecticidas sobre <u>S. zeamais</u> en las localidades estudiadas.. | 45 |
| 5.4.1 | Deltametrina | 50 |
| 5.4.2 | Pirimifós metílico | 51 |
| 5.4.3 | Lindano | 56 |
| 5.4.4 | Malatión | 59 |
| 5.4.5 | DDT | 60 |
| 6. | CONCLUSIONES | 66 |
| 7. | LITERATURA CITADA | 68 |

LISTA DE CUADROS

| CUADRO | | PAG. |
|--------|--|------|
| 1 | Porcentaje estimado con base a datos publicados de la actividad de algunos mecanismos de resistencia, sobre insecticidas en poblaciones de artrópodos. | 24 |
| 2 | Nombre común, estructura química, grupo toxicológico y porciento de pureza de los insecticidas utilizados en el presente trabajo. | 38 |
| 3 | Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. de una colonia procedente de Yuriria, Guanajuato. Celaya, Guanajuato. 1992. | 43 |
| 4 | Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. de una colonia procedente de Tomatlan, Jalisco. Celaya, Guanajuato. 1992. | 46 |
| 5 | Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. de una colonia procedente de Villa Morelos, Chiapas. Celaya Guanajuato. 1992. | 48 |
| 6 | Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para deltametrina, en tres poblaciones de adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992. | 52 |
| 7 | Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para pirimifos metílico, en tres poblaciones de adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992. | 54 |

- 8 Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para lindano, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992. 57
- 9 Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para malatión, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992. 62
- 10 Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para DDT, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992. 64

LISTA DE FIGURAS

| FIGURA | | PAG. |
|--------|---|------|
| 1 | <u>Sitophilus oryzae</u> (a y b) y <u>Sitophilus zeamais</u> (c y d). Vista lateral del edeago (a y b); corte seccional (b y d). | 13 |
| 2 | Ubicación geográfica de las localidades donde se realizaron las colectas de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. | 35 |
| 3 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas (deltametrina, pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT) en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedentes de Yuriria, Guanajuato. Celaya, Guanajuato. 1992. | 44 |
| 4 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas (deltametrina, pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT) en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedente de Tomatlan, Jalisco. Celaya, Guanajuato. 1992. | 47 |
| 5 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas (deltametrina, pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT), en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedente de Villa Morelos, Chiapas. Celaya, Guanajuato. 1992. | 49 |
| 6 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a deltametrina en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch. procedente de Guanajuato, Jalisco y Chiapas. Celaya, Guanajuato. 1992. | 53 |
| 7 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a pirimifós metílico en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedentes de Guanajuato, Jalisco y Chiapas. Celaya, Gto. 1992. | 55 |
| 8 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a lindano en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedente de Guanajuato, Jalisco y Chiapas. Celaya, Gto. 1992. | 58 |
| 9 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a malatión en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedente de Guanajuato, Jalisco y Chiapas. Celaya, Gto. 1992. | 63 |
| 10 | Líneas de respuesta dosis-mortalidad a DDT en adultos de <u>Sitophilus zeamais</u> Motsch., procedente de Guanajuato, Jalisco y Chiapas. Celaya, Gto. 1992. | 65 |

RESUMEN

El gorgojo, Sitophilus zeamais Motsch., es la plaga más importante del maíz almacenado en las regiones tropicales y subtropicales de México. El método de combate más utilizado en nuestro país para este insecto es el control químico; y en este sentido, todo programa de control químico debe considerar como elemento importante, estudios básicos y aplicados para diseñar las mejores estrategias de manejo de insecticidas.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Entomología del Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato., dependiente del Centro de Investigaciones del Centro, el cual, es uno de los centros de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP)., con material insectil procedente de Yuriria, Guanajuato; Tomatlán, Jalisco y Villa Morelos, Chiapas.

El método de bioensayo utilizado fue el de aplicación tópica. Las aplicaciones se hicieron sobre adultos de 1 a 3 semanas de emergidos, de las generaciones F2 y F3 criadas bajo condiciones de laboratorio sin considerar el sexo.

Los resultados obtenidos en los diferentes bioensayos para cada colonia de insectos por estado fueron:

Yuriria, Guanajuato, deltametrina, pirimifós metílico,

lindano, malatión y DDT., siendo sus DL_{50s} de 0.009, 0.048, 0.235 y 2.114 $\mu\text{g}/\text{insecto}^*$, respectivamente.

Tomatlán, Jalisco, deltametrina, pirimifós metílico, malatión, lindano y DDT., siendo sus DL_{50s} de 0.017, 0.038, 0.175, 0.439 y 1.322 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, respectivamente.

Villa Morelos, Chiapas, deltametrina, pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT., siendo sus DL_{50s} de 0.011, 0.012, 0.021, 0.082 y 0.199 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, respectivamente.

En base a los resultados obtenidos se propone como línea de comparación para el picudo del maíz, los valores de DL_{50} de 0.009, 0.12 y 0.021 $\mu\text{g}/\text{insecto}$ para los insecticidas: deltametrina, pirimifós metílico y lindano, respectivamente.

Se encontró cierto grado de tolerancia a malatión y DDT en las poblaciones de Yuriria, Guanajuato., ya que al comparar los resultados obtenidos con los propuestos por Pérez en 1988, Aguilera et al., en 1991, y por Arenas y Sánchez., en 1991, se encontró que los presentes resultados son ligeramente superiores a excepción de deltametrina, pirtimifós metílico y lindano, los cuales son ligeramente más bajos que los citados por otros investigadores .

* μg = microgramos por insecto

INTRODUCCION

En México, al igual que en otros países del mundo, el método más utilizado y que ha dado resultados satisfactorios a corto plazo, es la aplicación de insecticidas y fumigantes para proteger los granos almacenados del ataque de insectos. Se ha utilizado malatión y recientemente permetrina, pirimifós metílico y fenitrotión (Ramírez, 1982; CIAT, 1986); durante las prácticas de almacenaminto y conservación del grano de maíz.

Los insecticidas organosintéticos se han usado por muchos años para el control de plagas insectiles, tanto en el campo como en productos almacenados; sin embargo, la aplicación continua de estos productos ha originado una serie de problemas a considerar, entre las cuales se encuentra el desarrollo de poblaciones resistentes a insecticidas, contaminación del ambiente y accidentes a causa del manejo inadecuado de los compuestos tóxicos (Georghiou y Lagunes, 1987). Durante los ultimos años, el incremento de las poblaciones resistentes a insecticidas sintéticos en insectos plaga del grano de maíz almacenado, entre los cuales se encuentra el gorgojo Sitophilus zeamais, a evidenciado la necesidad de determinar periódicamente los niveles de resistencia por parte del gorgojo y de los demas insectos.

Debido a lo anterior, es importante monitorear el grado de esta posible resistencia por medio de bioensayos para determinar

el comportamiento de penetración de los insecticidas en los insectos, ya que de confirmarse ésta, será muy difícil encontrar otro producto químico que venga a sustituir al malatión que ha presentado una serie de ventajas que ningún otro producto tiene, como su baja toxicidad para mamíferos, su poca actividad residual y su bajo costo, y como arma de control dentro de un sistema de manejo integrado de plagas (Pérez, 1988).

2. OBJETIVOS

1. Determinar las *DL₅₀ y *DL₉₅ de cinco insecticidas utilizados en la conservación del grano de maíz almacenado en México, en poblaciones del picudo del maíz, Sitophilus zeamais Motsch., principal plaga insectil de este grano, procedentes de tres localidades de México.
2. Evaluar los niveles de susceptibilidad o resistencia en tres poblaciones de este insecto provenientes de Yuriria Guanajuato., Tomatlán Jalisco., Villa Morelos., Chiapas.

* DL₅₀ y DL₉₅ = Dosis letal al 50% y 95% de mortalidad.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Importancia del maíz en México y en el mundo

El maíz es junto con el trigo y el arroz uno de los cultivos de mayor distribución en el mundo, ya que es una planta con una gran capacidad de adaptación a diferentes zonas ecológicas, por lo que se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta cerca de los 3000 msnm (Perez, 1988).

Durante 1990 el maíz ocupó el tercer lugar en el mundo, solamente fue superado por el trigo y el arroz, con una producción de 480.61 millones de toneladas de grano provenientes de 129.116 millones de hectáreas cosechadas (FAO, 1990).

De la producción anteriormente señalada el Continente Americano contribuyó con el 54.3%, le siguen Asia con el 25.9%, Europa con el 9.1%, Africa con el 7.1%, URSS con el 3.3% y Oceanía con 0.07% (FAO, 1990).

En 1989, México ocupó el octavo lugar entre los países productores del mundo, con una superficie cosechada de 5.9 millones de hectáreas y una producción de 9.9 millones de toneladas de grano, lo que representó el 1.25 % de la producción mundial, solamente superado por Sudafrica, Rumania, Francia, URSS, Brasil, China y los Estados Unidos de Norteamérica (FAO, 1989).

En México, el maíz es el cereal que ocupa el primer lugar tanto en superficie como en consumo percapita anual. En el periodo de 1982 el consumo percapita anual por persona fue de 190.9 kilogramos (Barkin y Suárez, 1985).

3.2 Insectos que se alimentan de los granos almacenados

Los granos almacenados tienen un alto valor nutritivo para el hombre y sus animales domésticos, así como también para los insectos (Pérez, 1986). Existen más de 300 especies de insectos asociados con los granos almacenados, pero de estos, solamente se consideran a unas 15 especies como de importancia económica relevante, unas 50 especies de importancia económica secundaria y unas 250 especies de importancia ocasional (Ramirez, 1966).

3.2.1 Origen y evolución de los insectos del almacén

El origen de los insectos que atacan a los granos almacenados y a sus harinas no se sabe con precisión, sin embargo, se cree que se fueron adaptando a las semillas que escapaban de la voracidad de los pajaros y otros animales. La mayoría de estos insectos son de origen tropical o subtropical, los cuales se desarrollan y proliferan perfectamente con calor y en climas húmedos, pero no tan bien en zonas frías (Cotton, 1979). El mismo autor señala que la necesidad que tuvo el hombre de almacenar semillas, hierbas, raíces y otros materiales secos para su

alimentación, facilitó el desarrollo de los insectos que previamente habían invadido el material almacenado. Los alimentos almacenados reunían condiciones ideales para su rápido desarrollo, toda vez que les evitaba tener que volar largas distancias buscando su alimento, por lo que hoy en día un buen número de insectos que atacan los granos almacenados tienen completamente atrofiadas las alas.

3.2.2 Importancia económica de las plagas de granos almacenados

La importancia de las pérdidas de granos en diferentes localidades varía de acuerdo a la disponibilidad de alimentos y frecuentemente al poder de compra de los diferentes sectores de la sociedad. Las pérdidas de granos alimenticios son ocasionadas en su mayor parte por insectos, hongos, bacterias, roedores y pájaros que los atacan en el campo y en los almacenes (Pérez, 1988).

Los insectos causan dos tipos de daños a los granos y las semillas en almacén; un primer tipo de daño consiste en la destrucción y el consumo del grano por los adultos y los estadios larvales de éstos, con fines alimenticios y de oviposición, además de la contaminación del grano por sus excrementos y cuerpos muertos. El segundo tipo de daño es el deterioro producido por la condición anormal del grano mismo y por el metabolismo de los insectos que lo infestan. Ambos daños,

independientemente de otros factores demeritan considerablemente la calidad alimenticia, el valor económico y el poder germinativo de los granos y semillas (Ramírez, 1966).

Hasta la fecha no hay estadísticas que indiquen las pérdidas anuales que sufre cada país, debido al ataque de las plagas en los almacenes para los diferentes granos y sus productos. Sería difícil, por carecer de datos específicos, calcular un porcentaje exacto de los granos destruidos anualmente por las plagas; sin embargo, la FAO (1977), reportó pérdidas en peso total de maíz que varía de entre el 1 y 5% en Nigeria, 10 a 25% en México, 15 a 40% en Brasil y hasta del 100% en Tanzania, ocasionadas principalmente por insectos, seguido por hongos y finalmente por daño de roedores.

Hasta hoy no existen en México cifras exactas que indiquen las pérdidas anuales de granos almacenados como consecuencia del daño de los insectos, no obstante, algunos autores han realizado estudios cuyos resultados se señalan a continuación:

Ramírez (1959) señaló que en México se pierde de un 15 a un 25% de la producción de maíz, trigo y frijol en las bodegas, como consecuencia del ataque de insectos. Por otra parte, Rodríguez (1976), menciona que en Yucatán se presentan pérdidas de maíz almacenado hasta de un 30% del peso del grano, debido al ataque del picudo del arroz, *S. oryzae* (L.), la palomilla *Anagasta* (=*ephestia* sp.) y de los gorgojos de los

granos, Tribolium spp.; donde el picudo es el que mayor daño produce, ya que es la especie más abundante. Martínez y Velazco (1982), señalaron que en los Valles Centrales de Oaxaca si no se protege el maíz después de la cosecha se presentan pérdidas en peso de entre el 15 y el 18% a los 6 meses de almacenamiento, como resultado del ataque de varias plagas de insectos de los granos almacenados, entre los que sobresalen el barrenador mayor de los granos Prostephanus truncatus, el gorgojo del arroz Sityophilus oryzae y Cathartus sp.

3.2.3 Clasificación y distribución de las plagas

La mayoría de los autores clasifican a los insectos que se alimentan de los granos almacenados en tres categorías: " Primarios ", son todos aquellos insectos que son capaces de romper la cubierta externa de los granos y perforarlos; o depositan sus huevecillos en el exterior del grano y al emerger la larva, ésta es capaz de perforar el grano y alimentarse de él; " Secundarios ", son los insectos que se desarrollan una vez que el grano ha sido dañado por las plagas primarias, es decir, no son capaces por sí mismos de iniciar un ataque a los granos sanos, normalmente se alimentan de la harina y de los granos rotos y perforados por los insectos primarios; y por último los insectos " Terciarios ", que se desarrollan después de que el grano es dañado por insectos primarios y secundarios, y se alimentan de impurezas, granos quebrados, perforados, residuos dejados por otros insectos y muchos de ellos de los hongos

que se desarrollan una vez que el grano se ha deteriorado completamente (Lindblad y Druben, 1979).

La mayoría de las plagas de los granos almacenados, principalmente las especies más destructoras son cosmopolitas, debido a que al vivir y desarrollarse en el interior de los granos han sido trasladados de un lugar a otro, de un país a otro, como consecuencia del comercio local e internacional, por lo que se transformaron en su mayoría en comunes en todo el mundo (Cotton, 1979; Storey et al., 1982).

3.2.4 Insectos que atacan al maíz almacenado en México

Las especies de insectos más importantes que se alimentan del maíz almacenado en México son: el picudo del maíz, Sitophilus zeamais Motsch.; el picudo del arroz, S. oryzae (L.); el picudo de los graneros, S. granarius (L.); la palomilla dorada del maíz, Sitotroga cerealella (Oliver); el barrenador mayor de los granos, Prostephanus truncatus (H); el barrenillo de los granos, Rhizoperta dominica (Fabricius); la palomilla de los graneros, Plodia interpunctella (Hubner) y el gorgojo castaño de las harinas , Tribolium castaneum (Herbst) (Anónimo, 1980; Rodríguez, 1983).

3.3 Picudo del maíz, Sitophilus zeamais Motschulsky

Hasta hace unos cuantos años a este insecto se le confun-

día con el gorgojo del arroz, y se le refería como a la raza más grande de éste gorgojo. Recientemente se le ha clasificado como una especie diferente al Sitophilus oryzae. El gorgojo del maíz tiene preferencia por el maíz y de ahí le viene su nombre vulgar y técnico (Pérez, 1988).

3.3.1 Origen y distribución

El origen de este insecto no está muy claro, no obstante se cree que es originario de la India de donde se dispersó por el mundo ayudado por el comercio de los granos (Metcalf and Flint, 1982).

Esta especie es de distribución cosmopolita y se extiende principalmente a través de las áreas tropicales y templadas del mundo, sin embargo, también se le ha encontrado en algunas regiones frías (Longstaff, 1981).

En México, Ramírez y Barnes (1958), señalaron que este insecto se encuentra en todas las zonas productoras de granos del país, desde la Costa hasta la Altiplanicie. Rodríguez (1983) reporta la presencia de este insecto en la Península de Yucatán; Romero y Ramírez (1985) en el estado de México; Rojas (1985) en Chiapas; Pérez (1986) en Campeche; Cortez et al. (1988) lo reportaron en Sonora y Pérez (1991) lo reporta en Jalisco, Guanajuato y Chiapas.

3.3.2 Posición taxonómica

Este insecto pertenece al:

| | | |
|------------|-------|----------------------------|
| Phylum | _____ | Arthropoda |
| Subphylum | _____ | Uniramia |
| Clase | _____ | Hexapoda |
| Subclase | _____ | Pterygota |
| División | _____ | Endopterygota |
| Orden | _____ | Coleoptera |
| Suborden | _____ | Polyphaga |
| Familia | _____ | Curculionidae |
| Subfamilia | _____ | Calendrinae |
| Género | _____ | <u>Sitophilus</u> |
| Especie | _____ | <u>zeamais</u> Motschulsky |

(Borrer et al., 1981).

3.3.3 Descripción morfológica

Los huevecillos son opacos de color blanco, de 0.7 mm de largo por 0.3 mm de ancho, en forma de pera u ovoide (Anónimo, 1980).

La larva es fuerte del tipo Curculioniforme: Tiene el cuerpo cilíndrico, curvado, en forma de " C ". Presentan por lo general la cabeza esclerotizada y carecen de patas (ápodos) presenta una cápsula cefálica bien desarrollada y raramente se observa; al igual que la pupa que es del tipo exarada, debido a que se desarrollan dentro del grano infestado.

El adulto mide de 2.5 a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro. Tiene el cuerpo endurecido y es de forma cilíndri-

ca y alargado, el protórax se encuentra densamente marcado con punturas redondas. La cabeza se prolonga en un pico bien desarrollado o proboscis curva y delgada, las mandíbulas se localizan en el extremo del pico; los palpos pequeños y rígidos y a menudo ocultos en la cavidad bucal; las antenas capitadas y casi siempre acodadas y de ocho segmentos. El tórax presenta una estructura tarsal; aparente de 4-4-4 segmentos, en realidad son de 5-5-5. Las alas son funcionales y de vuelo activo (Kranz, 1978). Este mismo autor señala que los adultos de S. zeamais y S. oryzae se pueden diferenciar de S. granarius por las siguientes características: la presencia de alas posteriores, punturas redondas sobre el tórax y la presencia de dos áreas rojo - amarillentas en cada elitro, mientras que los adultos de S. zeamais y S. oryzae pueden distinguirse efectivamente mediante la forma del edeago: en S. zeamais la superficie convexa de esta estructura posee dos surcos longitudinales (Figura 1).

3.3.4 Biología y hábitos

La hembra realiza una perforación en la superficie del grano, dentro de la cual deposita los huevecillos de uno en uno y posteriormente tapa el orificio con una sustancia secretada por el ovipositor. Después de 5 a 7 días los huevecillos eclosionan y emergen larvas las cuales pasan por cuatro estadios larvales que se alimentan en el interior del grano en donde realizan una serie de minas. Al completar su desarrollo la larva utiliza

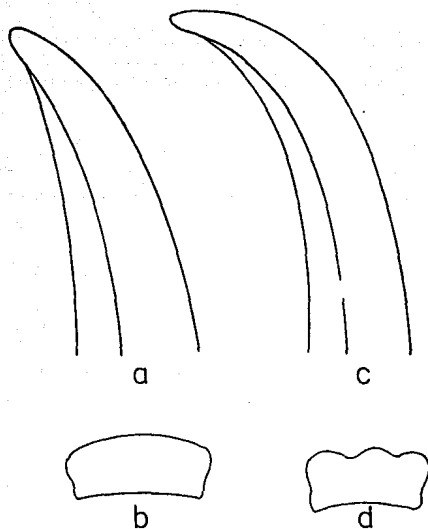


Figura 1. *Sitophilus oryzae* (a y b) ; *S. zeamais* (c y d) Vista lateral del Edago (a y c) ; Corte seccional (b y d).

(Tomado de Perez, 1988)

una mezcla de desechos y secreciones para construir la celda pupal. La fase de prepupa dura de 2 a 3 días para transformarse posteriormente en pupa. Cuando el adulto emerge, permanece dentro del grano varios días antes de abandonarlo (Longstaff, 1981).

Howe, (citado por Longstaff, 1981) realizó un estudio de la biología del picudo bajo condiciones de laboratorio con 25°C y 70% de humedad relativa, señalando que las diferentes etapas biológicas tuvieron la siguiente duración de días: Huevecillo, 6.1 días; estados larvales, 21.6 días; pupa, 6.9 días; preadulto, 5.7 y el ciclo total ocurrió en 40.3 días.

Cuando el adulto emerge, se alimenta de la capa externa del grano y deja perforaciones irregulares. Cuando las infestaciones son muy severas, el endospermo puede ser consumido totalmente por la larva y el adulto, dejando únicamente la cáscara del grano (Kranz, 1978).

El picudo puede volar del almacén hasta el campo, e infestar al maíz antes de realizar la cosecha, de tal forma que durante la cosecha se puede encontrar todas las etapas de desarrollo, la mayor intensidad de migración de la bodega al campo se presenta a partir de que la mazorca en la planta se encuentra en estado masoso (50-60% de humedad) hasta el momento de la cosecha (Williams and Flayd, 1970).

3.3.5 Granos hospedantes

Normalmente este insecto Sitophilus zeamais prefiere reproducirse en granos de maíz y sorgo, aunque también se le ha encontrado alimentándose en trigo y arroz (Kranz, 1978), por lo cual se le considera en la mayoría de los países tropicales como la plaga más importante del maíz almacenado (Adams, 1976).

3.3.6 Importancia económica

Actualmente no existe mucha información sobre los daños ocasionados por esta especie en forma individual, sin embargo, algunos investigadores han trabajado exclusivamente con ella (Pérez, 1988).

Sitophilus zeamais es considerada en la mayoría de los países tropicales como la plaga más importante del maíz almacenado (Adams, 1976). Este mismo autor señaló que con un promedio de dos insectos por grano, esta plaga ocasiona un porcentaje de pérdida del 18.3% en 48 días.

3.4 Métodos de control

El conocimiento de aquellos factores físicos, bióticos, o de otra índole, favorables a la abundancia y al incremento de las plagas es fundamental para combatir las. Los métodos de

prevención y sanidad, son el llamado combate indirecto. De la destrucción de plagas con procedimientos químicos, físicos, mecánicos y biológicos resulta el llamado combate directo. De los mas utilizados han sido el biológico y el químico (Pérez, 1988).

3.4.1 Control biológico

Las especies de Sitophilus son atacadas por varias especies de parasitoides. El ciclo de vida de la mayoría de ellos es más corto que el de sus hospedantes y poseen también baja productividad reproductiva, por lo que no se consideran como agentes de control efectivo. Las especies más importantes pertenecen a la familia Pteromalidae (Orden Hymenoptera) y son: Anisopteromalus calandrea (Howard), Chaetopila elegans (Westwood), y Lariophaqus distinguendus (Foerster) que son capaces de parasitar a las tres especies de Sitophilus, mientras que Cerocephala dinoderi Gahan, solamente es capaz de atacar a S. oryzae y S. zeamais (Kranz, 1981).

3.4.2 Control químico

El DDT tubo un uso limitado para combatir las plagas de los productos almacenados en los años que siguieron a la segunda guerra mundial. El lindano sustituyó al DDT pues poseía muchas de las características deseables en esa época. La adición de lindano a cereales alimenticios y forrajeros fue una de las

primeras aplicaciones, pero este método casi no se lleva a cabo ahora, salvo esporádicamente para proteger algunas legumbres. El tratamiento de semillas es común todavía, pero a causa de la generación de poblaciones resistentes a este insecticida su uso se ha reducido significativamente (Champ and Dyte, 1976).

El malatión es sin duda el producto que más se utiliza para combatir las plagas de los granos almacenados. Parkin (1958) realizó una evaluación del malatión para el control de las plagas de los productos almacenados que inició una era de diferentes situaciones.

3.4.2.1 Control químico en México

En México antes de 1960, los productos más usados para el control de las plagas de los granos almacenados fueron DDT a razón de 50 a 75 ppm, dieldrin en dosis de 25 a 40 ppm y lindano a razón de 5 ppm en maíz y trigo (Ramírez et al., 1957). A partir de 1960 se empezaron a realizar pruebas con una serie de productos químicos de reciente aparición en el mercado, entre los que se encontraba el malatión. Ramírez (1960) señaló que el lindano a una dosis de 25 ppm protegió maíz y trigo adecuadamente durante tres meses de almacenamiento contra el ataque de las plagas de almacén, seguido por el bromodan a 75 ppm y por último el malatión a una dosis de 8 ppm.

Díaz (1970) indicó que malatión a una dosis de 15 ppm

ocasionó 99% de mortandad después de 155 días de la aplicación y que con 10 ppm, esta protección duro solamente 104 días, mientras que con 5 ppm solamente se protegió el maíz del ataque del picudo, Sitophilus zeamais, por 83 días.

Ceballos (1976) mencionó que el malatión (4%) deodorizado a razón de 20 ppm y clorpirifos metílico (1%) en dosis de 4 ppm protegieron al maíz y frijol almacenado contra Sitophilus spp. y Zabrotes subfaciatus por más de tres meses.

Otro producto químico que se ha empezado a usar en México es el pirimifós metílico, el cual ha sido probado en diferentes dosis para proteger los granos y semillas en el almacén. Ortiz (1980) señaló que la dosis más adecuada de este producto para la protección óptima de los granos es de 5 ppm en formulación en polvo.

Otro grupo importante dentro de los plaguicidas protectores de granos y semillas en los almacenes lo constituyen los fumigantes, en México los productos más populares son el bromuro de metilo que se utiliza principalmente en las fumigaciones de los carros del ferrocarril cargados con granos y el fosfuro de aluminio que es usado en el interior de las bodegas gracias a su formulación en pastillas lo cual reduce considerablemente el riesgo de intoxicación (Anónimo, 1974).

3.5 Efecto del manejo inadecuado de los insecticidas

Un problema serio que ha ocasionado el uso extensivo de los productos químicos ha sido el desarrollo de resistencia de algunas de las principales plagas de los granos almacenados a estos productos. En todo el mundo se ha dedicado poca atención a la resistencia en los insectos de los productos almacenados y es muy poca la información mundial disponible; no obstante, lo que se conoce es suficiente para motivar una considerable preocupación y no cabe duda de que en lo que se refiere a la disponibilidad continua de alimentos, la resistencia representa para la protección de los productos almacenados una amenaza tan grave como para la producción agrícola en general (Champ and Dyte, 1976).

Georghiou y Lagunes (1988), indican que actualmente se presentan poblaciones resistentes a malatión y lindano en muchos insectos de productos almacenados en diversas regiones del mundo; entre los que sobresalen los siguientes: Gorgojo rojo de la harina Tribolium castaneum, gorgojo confuso de la harina Tribolium confusum, barrenillo de los granos Rhyzopertha dominica, Cryptolestes ferrugineus, gorgojo aserrado de los granos Oryzaephilus surinamensis, gorgojo mercader de los granos Oryzaphilus mercator, gorgojo de los graneros Sitophilus granarius, gorgojo del maíz Sitophilus zeamais, gorgojo del arroz Sitophilus oryzae, gorgojo Kapra Trogoderma granarium, Palomilla mediterránea de las harinas Anagasta kuehniella,

palomilla de la fruta Ephestia cautella, palomilla de la harina de maíz Plodia interpunctella y palomilla de los cereales Sitotroga cerealella.

3.6 Definición de resistencia

La resistencia es un término usado comúnmente para señalar la habilidad de un organismo para sobrevivir a la aplicación de un tóxico, la cual sería letal para la mayoría de los organismos de una población normal. Esta situación se manifiesta como un fenómeno de selección natural en el cual sobreviven los individuos mejor adaptados (Georghiou, 1965).

Se habla de resistencia cruzada cuando una población de plaga expuesta a la presión de selección con un plaguicida, " desarrolla " resistencia a él y simultáneamente se vuelve menos susceptible a otros plaguicidas relacionados que no han sido usados, pero que comparten, al menos, un mecanismo de resistencia. La resistencia cruzada negativa se presenta cuando una población desarrolla resistencia a un insecticida y esto ocasiona aumento de susceptibilidad a otros productos no utilizados para los cuales existía resistencia anteriormente (Georghiou, 1965; Chapman and Penman, 1979).

Se dice que existe resistencia múltiple cuando una población desarrolla resistencia a uno o varios insecticidas que han sido aplicados, y al mismo tiempo desarrolla resistencia hacia

otros insecticidas de grupos toxicológicos semejantes o diferentes que aun no han sido utilizados. Cuando esto ocurre, la población posee en forma simultánea varios mecanismos de resistencia (Georghiou, 1965).

3.7 Naturaleza de la reistencia

Existen dos teorías que tratan de explicar el papel de los insecticidas en la aparición de genotipos resistentes:

La primera de ellas es la " Teoría preadaptiva ", la cual propone que los genes que confieren la resistencia ya se encuentran en la población y que el insecticida solo actúa como agente selectivo que favorece a los genotipos resistentes. En contraposición a la anterior la " Teoría postadaptiva " señala que la aparición de la resistencia es debido a cambios fisiológicos en los individuos que sobreviven a la aplicación del insecticida y que los cambios en la constitución genética de la población resistente se deben a la acción del insecticida (Crow, 1957). La primera teoría es la más aceptada por la comunidad científica.

Georghiou (1965) menciona que existen tres tipos de resistencia: por comportamiento, morfológica y fisiológica. La resistencia por comportamiento se refiere a la capacidad que tienen algunos individuos de una población para sobrevivir a la acción de los insecticidas, por medio de sus hábitos, los cuales

les proporcionan protección contra la acción de los tóxicos.

La resistencia morfológica se refiere a las características que ocasionan que algunos individuos no sean eliminados por el insecticida y por lo tanto producen poblaciones con estas características, tales la penetración reducida (Metcalf, 1955).

La resistencia fisiológica se refiere a la falta de actividad de dosis normales de insecticidas debido a la acción de uno o varios mecanismos de protección, tales como mayor almacenamiento en tejidos inertes, aumento de la excreción, mayor metabolismo o mediante la insensibilidad en el sitio de acción del tóxico (Lagunes, 1987).

La importancia de la penetración reducida de un insecticida está basada en que la cantidad de insecticida que penetra al interior del cuerpo es menor, lo cual permite a un sistema enzimático normal " hacer frente " al insecticida que penetre al sistema (Georghiou, citado por Bujanos, 1983).

3.8 Mecanismos de resistencia

Los insecticidas pueden producir resistencia en insectos debido principalmente a la participación de algunos mecanismos fisiológicos, que a su vez se clasifican en metabólicos y no metabólicos. En base a esto Lagunes (1985) realizó una estima

ción del porcentaje de participación de los principales mecanismos de resistencia a varios insecticidas, esta información se presenta en el Cuadro 1. La cual sirvió como base para seleccionar los insecticidas con que se desarrolló este trabajo.

3.8.1 Mecanismos metabólicos

Los insecticidas pueden ser metabolizados y transformados en productos menos tóxicos por los insectos, como consecuencia de la acción de los sistemas enzimáticos presentes en los insectos. Las principales enzimas responsables del metabolismo de los insecticidas son: función oxidativa mixta (FOM), esterazas, DDTasa, y glutatión s-transferasas.

3.8.1.1 Función oxidativa mixta

La oxidación de las moléculas de insecticidas en el interior del cuerpo de los insectos por medio del sistema enzimático conocido como función oxidativa mixta (FOM), es de vital importancia, por lo que existe una relación directa entre los niveles de FOM y el grado de tolerancia o resistencia de los insectos hacia una gran diversidad de insecticidas (Nakatsugawa y Morelli, 1976).

3.8.1.2 Esterazas

Las esterazas son hidrolasas que rompen los enlaces esterá

Cuadro 1. Porcentaje estimado en base a datos publicados, de la actividad de algunos mecanismos de resistencia, sobre insecticidas en poblaciones de artrópodos.

| Mecanismos resistencia | DDT | Paratión metílico | Paratión etílico | Malatión | Endrín | Permetrina | Carbaril |
|----------------------------------|-------|-------------------|------------------|----------|--------|------------|----------|
| 1. METABOLICOS | | | | | | | |
| a) Función oxidativa | 10-50 | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 0-10 | 5-10 | 40-80 |
| b) Esterasas | | 10-70 | 10-70 | 5-10 | | 5-30 | |
| c) DDT dehidroclorinasa | 20-80 | | | | | | |
| d) Glutatión transferasa | | 10-40 | 5-10 | 5-15 | | | |
| e) Carbonil-terasa | | | | 10-80 | | | |
| 2. NO METABOLICOS | | | | | | | |
| f) Mayor excreción | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 |
| g) Menor penetración | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-25 |
| h) Sensibilidad reducida | 20-80 | | | | | 50-90 | |
| i) ACE insensible | | 5-15 | 5-15 | 5-15 | | | 10-40 |
| j) Insensibilidad a ciclo-dianos | | | | | 70-90 | | |

Fuente: Lagunes (1985).

ticos de los organofosforados, y producen alcoholes y ácidos, los cuales son menos tóxicos y además solubles en agua. Existen dos tipos de esterasas: carboxiesterasas y fosfotriesterasas, las cuales constituyen un mecanismo metabólico importante para los compuestos organofosforados.

Lagunes (1987) señala que estos mecanismos no son muy estables en las poblaciones de insectos, y que con un periodo de ausencia de selección en la población, disminuye el contenido de estas enzimas.

a) Carboxiesterasas. Las poblaciones de Arthropodos que presentan resistencia a malatión se caracterizan por tener un alto nivel de carboxiesterasas, las cuales atacan el grupo carboxietil de este insecticida hidrolizándolo (Yasutomi, 1983).

b) Fosfotrieterasa. Estas fosfotasa son esterasas hidrolíticas, que rompen los enlaces esteráticos de los organofosforados, dando lugar a los ácidos y a los alcoholes correspondientes (Rodriguez, 1986).

3.8.1.3 DDTasa

Esta enzima llamada también DDT-desclorhidrasa, metaboliza la molécula del DDT, y la transforma a DDE, que es un metabolito menos tóxico para los insectos (Wilkinson, 1976). El metabo

mo del DDT por esta enzima es un factor importante para los individuos resistentes, ya que disminuye la concentración interna de DDT y lo transforma primero a DDE y posteriormente a DDA (Brown, 1960).

3.8.1.4 Glutación S-transferasa

Esta enzima es muy importante en el metabolismo de compuestos organofosforados, ya que produce principalmente la dealquilación de dimetil organofosforados. Las enzimas consideradas dentro del complejo de glutación S-transferasa, se clasifican como glutación transferasa, S-aril transferasa, S-aralquil transferasa, S-alqueno transferasa y S-epoxitransferasa (Boylan and Chasseaud, 1969).

3.8.2 Mecanismos no metabólicos

Estos mecanismos de resistencia no dependen del metabolismo del insecto; sin embargo, debido a la participación de estos mecanismos algunos insectos son capaces de producir niveles de resistencia considerables a los químicos. Los principales mecanismos de este tipo son:

3.8.2.1 Insensibilidad a ciclodienos

Los mecanismos de resistencia a los ciclodienos son muy poco conocidos, pues se desconoce con exactitud el modo de

acción de estos compuestos; sin embargo se ha encontrado en algunos insectos (mosca doméstica, principalmente) resistencia a ciclodienos y lindano por insensibilidad neural (Winteringam and Harrison, por Bujanos, 1983).

3.8.2.2 Acetilcolinesterasa insensitiva

Este mecanismo afecta a insecticidas organofosforados y carbamatos, cuyo mecanismo de acción consiste en inhibir a la acetilcolinesterasa (ACE). La ACE insensible no es otra cosa que insensibilidad en el sitio de acción de estos insecticidas (Lagunes, 1985).

3.8.2.3 Menor penetración

La importancia de la penetración reducida de un insecticida está basada en que la cantidad de insecticida que penetra al interior del cuerpo es menor, lo cual permite a un sistema enzimático normal " hacer frente " al insecticida que penetre al sistema (Georghiou, citado por Bujanos, 1983).

La capacidad del integumento para reducir la penetración de un tóxico puede variar de una especie a otra y también dentro de la misma especie (Rodríguez, 1986).

3.8.2.4 Resistencia al derribo

Este mecanismo afecta tanto a insecticidas pertenecientes

al grupo del DDT como a los piretroides. Originalmente se describió a este mecanismo como resistencia al derribo por DDT, y posteriormente se le describió como Kdr por las iniciales del nombre en inglés " Knock down resistance ". Este mecanismo confiere resistencia cruzada entre piretroides y DDT (Miller et al., 1983).

Sawicki, citado por Heather (1986) señaló que la relación entre la resistencia a piretroides y DDT en los insectos es común, y que esto se debe a una asociación probable con un mecanismo semejante a kdr, este mecanismo aparentemente fue seleccionado primeramente a través del uso extensivo y prolongado del DDT.

3.8.2.5 Mayor excreción y almacenamiento

Este mecanismo generalmente está considerado como de menor importancia en insectos, sin embargo, cuando se presenta acompañado de otro mecanismo de resistencia, aumenta su importancia, debido a que eleva el nivel de resistencia aún más. Esta basado en el incremento de la excreción y almacenamiento en tejidos inertes (McDonald, citado por Pimprikar, 1977).

3.9 Método de bioensayo por medio de aplicación tópica

El grupo de trabajo de expertos de la FAO es partidario del empleo de la aplicación tópica siempre que sea posible en la

práctica. La aplicación tópica por medio de una jeringa controlada por un micrómetro o por medio de una micropipeta calibrada (capilares de vidrio, etc.) constituye el medio más sencillo para dosificar exactamente insectos particulares u otras plagas (FAO, 1969b).

La aplicación tópica es el medio más preciso para medir la susceptibilidad empleando dosis conocidas de insecticida. Es un medio muy importante para la investigación, y en general es el método preferido para detectar y medir la resistencia, pero plantea algunos inconvenientes prácticos en los ensayos de vigilancia sobre la resistencia de los gorgojos de los cereales almacenados. En el tratamiento tópico, los insectos se manipulan individualmente, lo que limita el número de insectos que pueden manejarse convenientemente, en ocasiones es necesario aplicar anestesia, que generalmente va acompañada de efectos fisiológicos, y supone el empleo de más equipo y de manipulación complementaria, aparte de que los tamaños de las gotas requeridas pueden dificultar la tarea de aplicar suficiente insecticida en los bioensayos con razas resistentes. El tratamiento tópico tiene, sin embargo, ventajas cuando se trata de adultos grandes y larvas de los lepidópteros de los productos almacenados (Champ and Dyte, 1976; FAO, 1979).

3.10 Estado actual de la resistencia del género

Sitophilus en México y en el Mundo.

Se han realizado varios estudios con el fin de conocer el

nivel de resistencia del Picudo del maiz Sitophilus zeamais a varios insecticidas en algunos países del mundo y México.

Champ and Cribb (1965) realizaron en Australia un estudio con dos colonias de S. oryzae (L.) y una colonia de S. zeamais con el fin de conocer su respuesta a lindano, malatión, ronnel y diazinón. Cada colonia fué caracterizada por su respuesta a la exposición de papel filtro impregnado con insecticida; la concentración letal media (DL_{50}) a lindano a las 24 horas de exposición de S. oryzae fue de 0.0057% para una colonia bastante susceptible y de 0.44 % para la otra colonia que presentó una proporción de resistencia de 77.2X, es decir, que fue 77.2 veces más tolerante que la primer colonia. No se detectó resistencia a malatión y diazinón por esta especie, pero se observó un pequeño incremento en la tolerancia a ronnel. En la colonia de S. zeamais no se presentó resistencia para ningún insecticida. Los mismos autores señalaron, una cifra de 20X como nivel mínimo para considerar que la resistencia a lindano tenga importancia en la práctica. Esta cifra se basó en una dosis de aplicación de lindano de 15.6 ppm en su empleo normal en los granos pequeños, el doble en maiz y una dosis mínima efectiva de aproximadamente 0.8 ppm para una raza susceptible.

Lemon (1967) determinó la susceptibilidad relativa de S. zeamais a malatión en Inglaterra por medio de aplicación tópica. La DL_{50} se determinó con base a una gráfica de tres puntos, y se obtuvo un valor aproximado de 1024.9µg/g de insecto

que es un valor demasiado alto en relación con otros valores reportados por otros autores.

En Malawi, fueron usadas 10 colonias de T. castaneum, 6 de T. confusum y 13 de S. zeamais para medir la susceptibilidad a lindano y malatión. Las poblaciones fueron colectadas en bodegas de maíz en diferentes partes del país, con excepción de dos colonias de S. zeamais, que se obtuvieron de bultos de maíz importado. Se observó resistencia a lindano en seis colonias de T. castaneum, y 3 de ellas de T. confusum y S. zeamais fueron altamente susceptibles, excepto las poblaciones de S. zeamais del maíz importado que mostraron alta resistencia a lindano (Pieterse and Schulten, 1974).

Weaving (1975) realizó una serie de bioensayos por el método de polvo impregnado con insecticida para determinar la susceptibilidad de S. zeamais y S. cerealella a una serie de nuevos insecticidas en maíz y sorgo en Rhodesia. El fenitrotión fue el más tóxico contra S. zeamais con una DL_{50} de 0.04 ppm, le siguió el fenitión con 0.08 ppm, iodofenfos con 0.5 ppm, tetraclorvinfos con 0.79 ppm y piretrinas + butóxido de piperonilo (B.P.) con 1.03 ppm en maíz, mientras que en sorgo obtuvo las siguientes DL_{50} s: 0.66, 1.26, 6.53, 4.06 y 8.24 ppm, respectivamente; se registro un marcado aumento en los valores de las DL_{50} en este último grano, lo cual refleja las limitaciones del método usado, que está más influenciado por el tipo de grano en que se hizo el ensayo que por los insectos, por lo que,

las DL_{50} obtenidas se debe tomar con reservas.

En otra serie de bioensayos realizados en Inglaterra con el mismo método anterior, Carter *et al.*, (1975) señalaron que cismetrina + B.P., fue el compuesto más tóxico contra una población de S. zeamais resistente a malatión, con una DL_{50} de 0.28 ppm, en orden de toxicidad le siguieron: bioresmetrina + B.P., con 0.38 ppm, fenitrotión con 0.95 ppm, tetrametrina + B.P., con 2.8 ppm, piretrinas + B.P., con 3.0 ppm y finalmente malatión con una DL_{50} de 4.2 ppm. Se observó que esta colonia fue 4.6 veces más resistente a malatión que una raza susceptible de laboratorio, la cual tuvo una DL_{50} de 0.91 ppm.

En México actualmente no existe información acerca del nivel de resistencia que tienen los insectos de los granos almacenados a los insecticidas, un primer reporte lo dieron Champ and Dyte (1976) quienes señalaron que las poblaciones de nuestro país de S. zeamais son resistentes a lindano, si nembargo no dan ningún valor de la proporción de resistencia, ni indican en base a que población susceptible encontraron resistencia, por lo que es un reporte no muy confiable. El primer trabajo sobre este tipo de estudios lo realizaron Arenas y Sánchez (1988) quienes determinaron el valor de las DL_{50} de una colonia de S. zeamais procedente de Chapingo, estado de México, a siete insecticidas diferentes por medio del método tóxico. El insecticida más tóxico fue el carbofuran con un valor de DL_{50} de 1.2 $\mu\text{g/g}$ de insecto (0.00375 $\mu\text{g/insecto}$), seguido en orden

descendente de toxicidad por metomil con 4.3 (0.0134), pirimifós metílico con 4.8 (0.015), malatión con 25.9 (0.0809), permetrina con 28.8 (0.09), dimetoato con un valor de 58.9 (0.1841) y finalmente el monocrotofós con una DL_{50} de 63.4 $\mu\text{g/g}$ de insecto (0.1981 $\mu\text{g/insecto}$).

Trabajos posteriores al respecto fueron realizados por Pérez (1988), quien trabajó con 8 poblaciones de diferentes localidades de la Republica y con 7 diferentes insecticidas de distinto grupo toxicológico; quien propone como línea base de comparación los resultados obtenidos en el experimento realizado, como son: Paratión etílico, Paratión metílico, malatión, permetrina, metomil, lindano y DDT; con dosis de 0.0014, 0.0015, 0.008, 0.031, 0.094, 0.098 y 0.15 $\mu\text{g/insecto}$ respectivamente los cuales son propuestos como una línea de comparación para trabajos posteriores.

Arenas y Sánchez (1991) al trabajar con el método tóxico en colonias de Sitophilus zeamais, señalaron que los productos más tóxicos fueron. El carborfurán y Malatión con los valores de, 0.0036 y 0.0047 $\mu\text{g/insecto}$.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó de Agosto de 1991 a Febrero de 1992; en el Laboratorio de Entomología de granos almacenados del Campo Experimental Bajío, dependiente del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Guanajuato (CIFAP - Gto.), ubicado en el Km. 6.5 de la carretera. Celaya - San Miguel de Allende, Guanajuato., que es uno de los Centros del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS (INIFAP).

4.2 Colecta del material biológico

Las colectas de las poblaciones de S. zeamais Motsch., que se utilizaron en este trabajo, se realizaron en las siguientes localidades del país: 1) Yuriria, Guanajuato; 2) Tomatlán, Jalisco y 3) Villa Morelos, Chiapas (Figura 2). Las tres poblaciones se colectaron de maíz almacenado por Bodegas Rurales Conasupo, S.A. (BORUCONSA).

4.3 Procedimiento de cría

Para iniciar la cría masiva del insecto se separaron 100 individuos (sin sexar) de las colonias de campo y se coloca-



Figura 2. Ubicación geográfica de las localidades donde se realizaron las de Sitophilus zeamais Motschusky.

ron en el interior de frascos previamente etiquetados de dos litros de capacidad, con aproximadamente un kilogramo de maíz, con el fin de lograr su reproducción; a medida que se incrementaba la colonia se aumentó el número de frascos.

En cada etiqueta se registraron los siguientes datos: Fecha de colecta, lugar de colecta y fecha de infestación del maíz con el propósito de obtener insectos de una edad conocida para realizar los bioensayos (Pérez, 1988).

La cría del insecto se realizó a una temperatura de $30 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de $70 \pm 5\%$. Los insectos se alimentaron con maíz originario de las 3 diferentes localidades de procedencia hasta su F1 y posteriormente su alimentación y reproducción se hizo con maíz cacahuazintle y la variedad H-311, los cuales fueron fumigados previamente con fosforo de aluminio (Pérez, 1988).

4.4 Insecticidas utilizados

Los insecticidas utilizados en el presente estudio fueron proporcionados por el área de entomología del Campo Experimental Bajío (CEBAJ), los cuales son representativos de los diferentes grupos toxicológicos más comunes de acuerdo a la clasificación hecha por Lagunes y Rodríguez (1982). Estos fueron: DDT, lindano, deltametrina, malatión y pirimifós metílico. Estos productos se emplearon para preparar las diluciones requeridas,

su pureza fue superior al 92 %, con excepción del pirimifós metílico cuya pureza fue del 43.3 %. En el cuadro 2 se muestran los insecticidas, sus estructuras, grupo toxicológico y la pureza química de éstos.

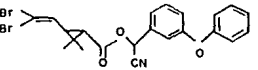
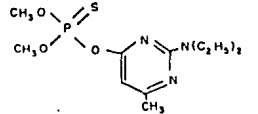
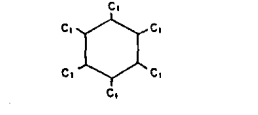
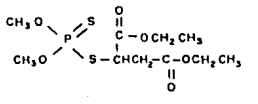
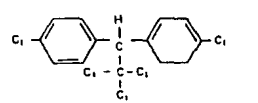
4.5 Bioensayos

El método de bioensayo que se utilizó fue el de aplicación tópica. El método consiste en depositar una cantidad de acetona con una dosis conocida del tóxico, en la superficie dorsal del protórax y mesotórax del insecto adulto; para esto se utilizó un microaplicador manual, que consta de un tornillo micrométrico graduado de tal manera que le permite liberar una cantidad conocida en cada graduación. Se utilizó una microjeringa marca Hamilton con una capacidad de 250 microlitros, con lo que, en cada golpe del microaplicador se liberaban 0.42 microlitros de acetona.

Los insecticidas se diluyeron en acetona para obtener una solución al 1 %, y a partir de ésta se prepararon soluciones de menor concentración.

Primero se procedió a determinar el rango de respuesta al tóxico mediante un ensayo preliminar (ventana biológica), para la cual se aplicaron con concentraciones de 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1 y 1.0 % para cada insecticida, con el fin de detectar las concentraciones del producto entre los que se

Cuadro 2. Nombre común, estructura química, grupo toxicológico y porcentaje de pureza de los insecticidas utilizados en la presente investigación.

| INSECTICIDA (Nombre común) | ESTRUCTURA QUIMICA | GPO. TOXICOLOGICO | PUREZA (%) |
|-------------------------------|--|-------------------|---------------|
| DELTAMETRINA |  | P I R T | 99.58 |
| PIRIMIFOS METILICO |  | FH - SM | 43.2 |
| LINDANO |  | OC - Be | 99.9 |
| MALATION |  | F - Cx | 97.5 |
| DDT |  | OC - DDT | 100 |

encuentran comprendidos el cero y el 100 % de mortalidad.

Posteriormente se prepararon dosis intermedias entre el rango establecido previamente y se efectuó el bioensayo completo.

Las aplicaciones se hicieron sobre adultos de 1 a 2 semanas de emergidos, de las generaciones F2 y F3 de los insectos criados en la cámara de cría; no se consideró el sexo.

Se utilizó un mínimo de 7 a 8 dosis y cuatro repeticiones en días diferentes para cada insecticida. Se trataron 10 adultos por dosis y se incluyó un testigo por cada repetición al que sólo se le agregó acetona. Los adultos tratados se colocaron en el interior de frascos de vidrio con una capacidad de 30 mililitros, e inmediatamente después de la aplicación se llevaron a la cámara de cría.

La mortalidad se registró a las 24 horas después de la aplicación; cada insecto fue examinado en forma individual. Se consideró al insecto muerto, si éste se mantenía inmóvil o presentaba movimiento anormales cuando era molestado al presionarle el rostrum con unas pinzas de disección.

4.6 Análisis estadístico de la información.

El porcentaje de mortalidad se corrigió mediante la fórmula

de Abbott (1925). Si la mortalidad en el testigo excedía del 5%, los resultados de los tratamientos de ese día se invalidaban. Los resultados se expresaron en microgramos del tóxico por insecto ($\mu\text{g}/\text{insecto}$).

$$\text{Formula de Abbott (1925)} \quad \text{MC} = \frac{X - Y}{100 - Y} \times 100$$

Donde:

MC = Mortalidad corregida
 X = Porcentaje de mortalidad en el tratamiento
 Y = Porcentaje de mortalidad en el testigo

La mortalidad corregida se transformó a valores probit que son unidades de probabilidad arreglados en una escala del uno al diez, donde por ejemplo el número 5 representa el 50% de mortalidad y el número 6.28 representa el 90%. Los resultados de los bioensayos fueron procesados en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de postgraduados en Chapingo, Estado de México, por medio del programa Probit (Finney, 1977; Hubert, 1980).

Se obtuvieron las líneas de respuesta dosis-mortalidad y el valor de Chi Cuadrada (χ^2) para cada serie de datos. Además se calcularon los valores de a y b de la ecuación de regresión: $Y = a + bx$, donde: Y es el valor probit, a es la ordenada en el origen, b es la pendiente de la línea de regresión (coeficiente de regresión) e indica la cantidad con la cual " Y " (valor probit) cambia por cada unidad de cambio en " X ", por lo cual entre mas grande sea el valor de " b " mas

vertical es la línea recta y esto nos determina que tan susceptible es la población insectil, y x es el logaritmo de la dosis, sobre el eje vertical. Se obtuvieron también los valores de la DL_{50} y DL_{95} para cada insecticida, expresandose estos valores en microgramos por insecto ($\mu\text{g/insecto}$).

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Toxicidad de los insecticidas en S. zeamais de Yuriria, Guanajuato.

En el cuadro 3 se presentan los valores de la DL_{50} , los límites fiduciales ($\alpha = 0.05$), la DL_{95} y la ecuación de regresión de la línea logaritmo - dosis - mortalidad de los insecticidas evaluados en los adultos del picudo del maíz, S. zeamais proveniente de Yuriria, Gto. El insecticida más tóxico fue deltametrina, seguida por pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT. Los valores de las DL_{50} s fueron: 0.009, 0.048, 0.235 y 2.114 $\mu\text{g/insecto}$, respectivamente.

En la figura 3 se muestran las líneas de regresión logaritmo-dosis-mortalidad. El insecticida con la respuesta más homogénea fue el malatión, seguido por pirimifós metílico, la deltametrina, DDT y lindano. El valor de la pendiente en el mismo orden para cada insecticida fue: 7.55, 2.46, 2.45, 2.24 y 2.11 (Cuadro 3).

5.2 Toxicidad de los insecticidas en S. zeamais de Tomatlán, Jalisco.

Para esta población el insecticida más tóxico fue la deltametrina, seguida por pirimifós metílico, malatión, lindano

Cuadro 3. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos de Sitophilus zeamais Motsch. de una colonia procedente de Yuriria, Guanajuato. Celaya, Guanajuato, 1992.

| Insecticidas | DL_{50} * | Límites fiduciales ($t=0.05$) | DL_{95} * | Ecuación de regresión |
|-----------------------|-------------|------------------------------------|-------------|--------------------------|
| Deltametrina | 0.009 | (0.007 - 0.010) | 0.043 | $Y = 10.001 + 2.456X$ |
| Pirimifos metílico | 0.048 | (0.041 - 0.055) | 0.223 | $Y = 8.254 + 2.469X$ |
| Lindano | 0.235 | (0.195 - 0.281) | 1.410 | $Y = 6.329 + 2.115X$ |
| Malatión | 0.251 | (0.238 - 0.267) | 0.415 | $Y = 9.526 + 7.555X$ |
| DDT | 2.114 | (1.800 - 2.510) | 11.386 | $Y = 4.268 + 2.249X$ |

Número de adultos en un gramo de insectos: 386 picudos

* Valores expresados en microgramos/insecto.

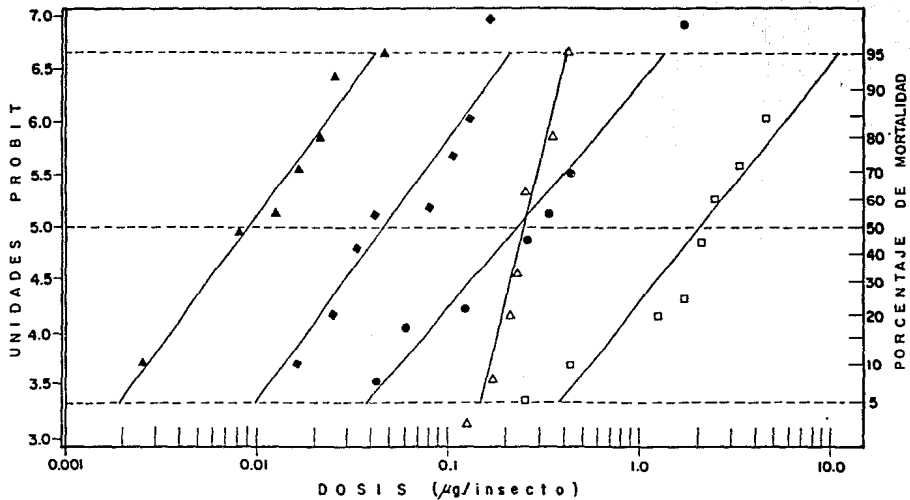


Figura 3: Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas en adultos de *Sitophilus zeamais* Motsh., procedentes de Yuriria, Guanajuato. (1. Deltametrina = ▲; 2. Pirimifos Metilicos = ◆; 3. Lindano = ●; 4. Malathión = △; 5. DDT = □). Celaya, Guanajuato. 1992.

y DDT. En el mismo orden, los valores de las DL_{50} fueron: 0.017, 0.038, 0.175, 0.439 y 1.322 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, respectivamente (cuadro 4). Las líneas de respuesta logaritmo-dosis-mortalidad se ilustran en la figura 4. La respuesta más homogénea se obtuvo con Malatión, con un valor de la pendiente de 7.04, le siguieron pirimifós metílico con 2.97, deltametrina con 2.53, DDT con 2.29 y finalmente el lindano con 2.27 (Cuadro 4).

5.3 Toxicidad de los insecticidas en S. zeamais de Villa Morelos, Mpio de Villa Corzo Chiapas.

En el Cuadro 5 se presentan los valores de DL_{50} , sus límites fiduciales al 95 %, DL_{95} y la ecuación de regresión de los insecticidas aplicados al picudo del maíz. El insecticida más tóxico fue la deltametrina, le siguieron en orden de toxicidad pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT. Las DL_{50} obtenidas fueron de 0.011, 0.012, 0.021, 0.082 y 0.199 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, respectivamente.

Las líneas de respuesta logaritmo-dosis-mortalidad se presentan en la figura 5. La respuesta más homogénea se observó con Pirimifós metílico, seguido por deltametrina, lindano, malatión y DDT. El valor de la pendiente fue de 3.67, 3.48, 2.60, 2.56 y 1.87 (Cuadro 5) respectivamente.

5.4 Análisis de la toxicidad de los insecticidas sobre Sitophilus zeamais en las localidades estudiadas.

Cuadro 4. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos de Sitophilus zeamais Motsch. de una colonia procedente de Tomatlán Jalisco; Celaya, Guanajuato. 1992.

| Insecticida | DL_{50}^* | Límites fiduciales ($\alpha=0.05$) | DL_{95}^* | Ecuación de regresión |
|-----------------------|-------------|---|-------------|--------------------------|
| Deltametrina | 0.017 | (0.014 - 0.019) | 0.075 | $Y = 9.487 + 2.534X$ |
| Pirimifos metílico | 0.038 | (0.033 - 0.043) | 0.137 | $Y = 9.210 + 2.972X$ |
| Malatión | 0.175 | (0.164 - 0.185) | 0.300 | $Y = 10.328 + 7.049X$ |
| Lindano | 0.439 | (0.365 - 0.540) | 2.318 | $Y = 5.813 + 2.275X$ |
| DDT | 1.322 | (1.125 - 2.549) | 6.903 | $Y = 4.722 + 2.291X$ |

Número de adultos en un gramo de insectos: 386 picudos

* Valores expresados en microgramos/insecto.

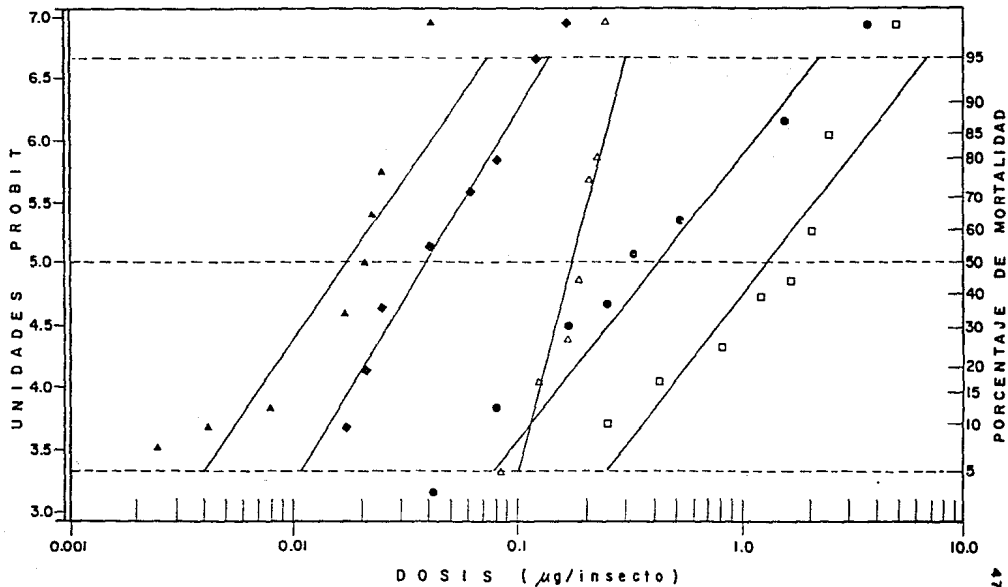


Figura 4: Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas en adultos de *Sitophilus zeamais* Motsch., procedentes de Tomatlán, Jalisco (1; Deltametrina= \blacktriangle ; 2. Pirimifos Metílico= \blacklozenge ; 3. Lindano= \bullet ; 4. Malatión= \triangle ; 5. DDT= \square) Celaya, Guanajuato, 1992

Cuadro 5. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), DL_{95} y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de cinco insecticidas en adultos Sitophilus zeamais Motsch. de una colonia procedente de Villa Morelos, Chiapas. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Insecticida | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha=0.05$) | DL_{95} * | Ecuación de regresión |
|-----------------------|-------------|---|-------------|--------------------------|
| Deltametrina | 0.011 | (0.009 - 0.012) | 0.033 | $Y = 11.799 + 3.486X$ |
| Pirimifos metílico | 0.012 | (0.011 - 0.014) | 0.035 | $Y = 11.962 + 3.675X$ |
| Lindano | 0.021 | (0.018 - 0.025) | 0.094 | $Y = 9.317 + 2.603X$ |
| Malatión | 0.082 | (0.070 - 0.095) | 0.361 | $Y = 7.776 + 2.560X$ |
| DDT | 0.199 | (0.167 - 0.241) | 1.492 | $Y = 6.317 + 1.879X$ |

Número de adultos en un gramo de insectos: 386 picudos

* Valores expresados en microgramos/insecto.

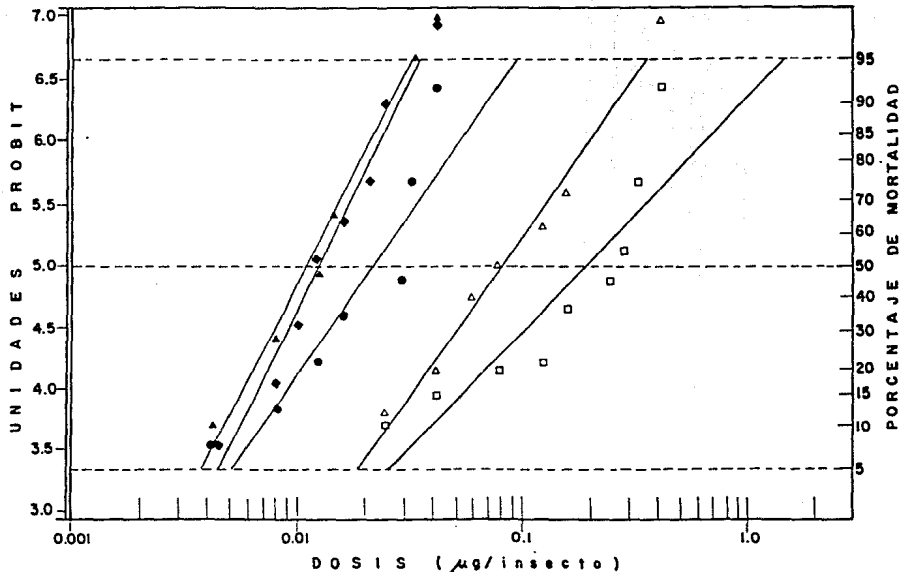


Figura 5 : Lineas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas en adultos de *Sitophilus zeamais* Motsch., procedentes de Villa Morelos, Chiapas. (1. Deltametrina=▲ ; 2. Pirimifos Metilicos=◆ ; 3. Lindánno=● ; 4. Molati6n=△ 5. DDT=□) Celaya Gto. 1992

5.4.1 Deltametrina

En el cuadro 6 se presentan los valores de la DL_{50} , sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y la proporción de resistencia para deltametrina en picudos del maíz, procedentes de las tres localidades estudiadas. Para este insecticida la población más susceptible fue la de Yuriria, Gto. con un valor de DL_{50} de 0.009 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, seguida por las poblaciones de Villa Morelos, Chis., y Tomatlán, Jal., que presentaron los valores de DL_{50} de 0.011 y 0.017 respectivamente.

Con los valores de las DL_{50} s se calculó la proporción de resistencia, dividiendo la DL_{50} de la población considerada entre la DL_{50} de la más susceptible (Yuriria, Gto). La proporción de resistencia para la población de Villa Morelos, Chis., fue de 1.2X, lo que significa que esta población es uno punto dos veces más tolerante a este insecticida que la población de Yuriria, Gto., para la población de Tomatlán, Jalisco., el valor de la proporción de resistencia fue de 1.8X; esto significa que la tolerancia de esta última población, es uno punto ocho veces mayor que la población de Guanajuato, por lo cual la consideramos la de mayor tolerancia a este insecticida, ya que los límites fiduciales de esta colonia no se traslapan con los límites fiduciales de la población de Guanajuato (Cuadro 6).

En la figura 6 se observa que la población de Chiapas presentó la respuesta más homogénea a deltametrina, seguida por

la población de Jalisco y la respuesta más heterogénea se presentó en la población de Guanajuato; ésto podría indicarnos que esta última población está en proceso de un posible cambio de susceptibilidad a deltametrina u otros insecticidas del mismo grupo toxicológico.

5.4.2 Pirimifos metílico

En el caso de este insecticida las poblaciones se agruparon de acuerdo al grado de susceptibilidad, como la población más susceptible a este insecticida se consideró a la del estado de Chiapas, que presentó el menor valor en la DL_{50} con 0.012 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, seguida por las poblaciones de Jalisco y Guanajuato por lo que se le consideró como la línea base, ya que sus límites fiduciales no se traslapan con los de las otras colonias; la proporción de resistencia para las poblaciones de Jalisco y Guanajuato fueron de 3.0X y 3.7X respectivamente (Cuadro 7). Lo que significa que que estas poblaciones son se necesitan 3.0 y 3.7 veces más tolerantes a este insecticida en comparación con la población de Chiapas.

Finalmente en la figura 7 se puede observar que la población de Guanajuato, presentó una línea logaritmo-dosis-mortalidad probit ($ld-p$) con un valor de pendiente menor que el resto de las poblaciones; esto indica una mayor heterogeneidad en la respuesta de esta población hacia este plaguicida.

Cuadro 6. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para deltametrina, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Localidad | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha=0.05$) | Ecuación de regresión | Proporción de resistencia ** |
|---------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| Yuriria Guanajuato. | 0.009 | (0.007 - 0.010) | $Y = 10.001 + 2.456X$ | |
| Villa Morelos Chiapas. | 0.011 | (0.009 - 0.012) | $Y = 11.790 + 3.480X$ | 1.2X |
| Tomatlan Jalisco. | 0.017 | (0.014 - 0.019) | $Y = 9.487 + 2.534X$ | 1.8X |

* $\mu\text{g/insecto}$.

** Resultados de dividir las DL_{50x} de las dos colonias, sobre la DL_{50} de la población de Yuriria, Guanajuato (susceptible).

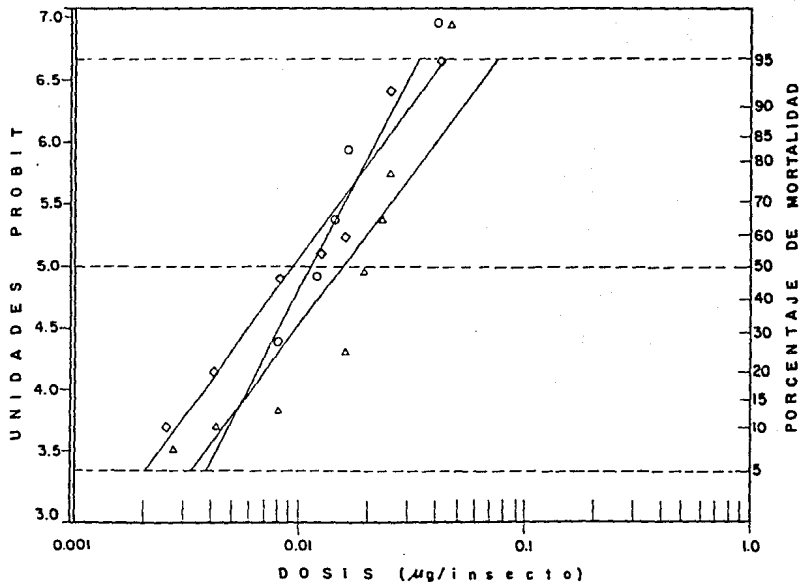


Figura 6: Líneas de respuesta a Deltametrina en adultos de *Sitophilus zeamais* Matsh., Procedentes de tres localidades de la República (1. Yuriria, Guanajuato = \diamond ; 2. Tomatlan, Jalisco = Δ ; 3. Villa Morelos, Chiapas = \circ) Celaya Gto. 1992.

Cuadro 7. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha = 0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para pirimifos metílico, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Localidad | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha = 0.05$) | Ecuación de regresión | Proporción de resistencia ** |
|---------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| Villa Morelos Chiapas. | 0.012 | (0.011 - 0.014) | $Y = 11.96 + 3.67X$ | |
| Tomatlan Jalisco. | 0.038 | (0.033 - 0.043) | $Y = 9.21 + 2.97X$ | 3.1X |
| Yuriria Guanajuato. | 0.048 | (0.041 - 0.055) | $Y = 8.25 + 2.46X$ | 4.0X |

* $\mu\text{g/inmsecto}$.

** Resultados de dividir las DL_{50} s de las dos colonias, sobre la DL_{50} de la población de Villa Morelos, Chiapas (susceptible).

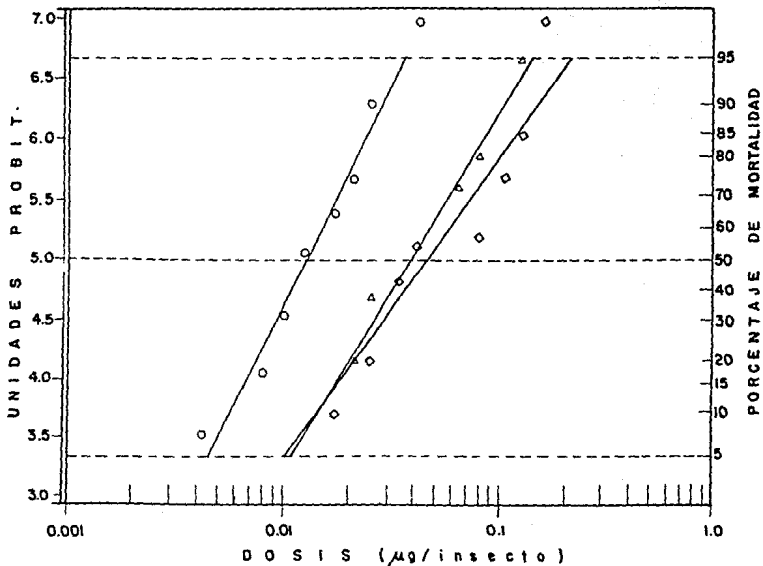


Figura 7. Líneas de respuesta a Pirimifos Metílico en adultos de *Sitophilus zeamais* Motsch., procedente de 3 localidades de la República (1. Yuriria, Guanajuato = ◇ ; 2. Tomatlán, Jalisco = △ ; 3. Villa Morelos, Chiapas = ○) Celaya, Gto. 1992

5.4.3 Lindano

En el cuadro 8 se presentan los valores de DL_{50} , límites fiduciales, ecuación de regresión y la proporción de resistencia para lindano. El menor valor de la DL_{50} lo obtuvo la colonia de Villa Morelos, Chis., con $0.021 \mu\text{g/insecto}$, contra 0.235 y $0.439 \mu\text{g/insecto}$, de Yuriria, Gto. y Tomatlan, Jal., respectivamente. Por otra parte la proporción de resistencia para la población de Yuriria, Gto., fue de 11.1% , mientras que para la de Tomatlan Jal., ascendió hasta 20.9% (Cuadro 8). Esto significa que el grado de susceptibilidad de las diferentes poblaciones estudiadas en este trabajo es diferente entre ellas ya que los límites fiduciales no se traslapan con los de la población más susceptible (Villa Morelos, Chiapas). Por lo cual los resultados obtenidos corroboran lo señalado por Champ and Dyte en 1976, al referirse que el lindano ha benido creando moderados niveles de resistencia, como ha sucedido en otras poblaciones de S. zeamais de México a este producto.

La respuesta mas homogénea a lindano la presento la población de Chiapas con un valor de pendiente de 2.60 , mientras que la respuesta más heterogénea se obtuvo en la colonia procedente de Guanajuato, con un valor de pendiente de 2.11 , como se puede apreciar en la figura 8.

Cuadro 8. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para lindano en tres poblaciones de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Localidad | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha=0.05$) | Ecuación de regresión | Proporción de resistencia ** |
|--------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| Villa Morelos Chiapas | 0.021 | (0.018 - 0.025) | $Y = 9.317 + 2.603X$ | |
| Yuriria Guanajuato | 0.235 | (0.195 - 0.281) | $Y = 6.329 + 2.115X$ | 11.1X |
| Tomatlan Jalisco | 0.439 | (0.365 - 0.540) | $Y = 5.813 + 2.275X$ | 20.9X |

* $\mu\text{g/insecto}$.

** Resultados de dividir las DL_{50s} de las dos poblaciones, sobre la DL_{50} de la población de Villa Mororelos, Chiapas (susceptible).

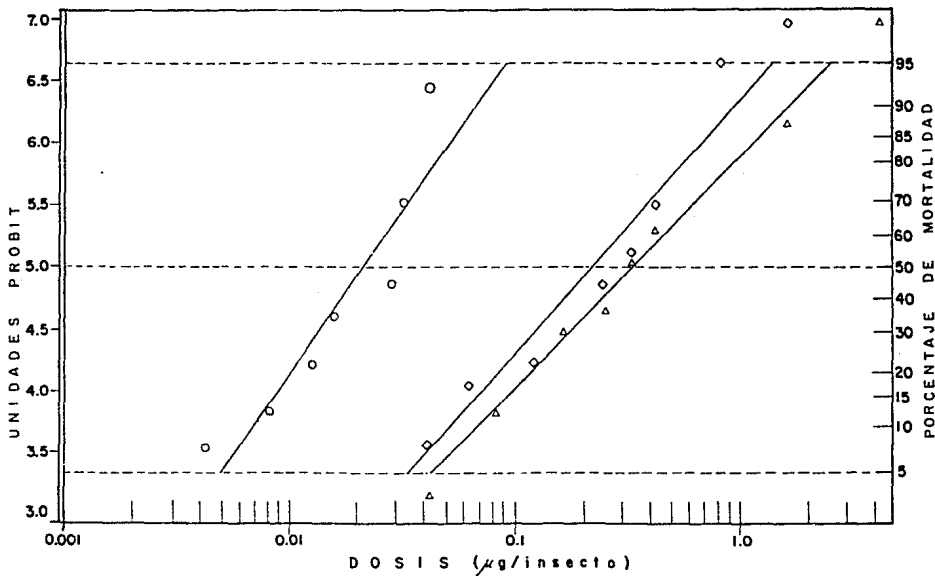


Figura 8: Líneas de respuesta a Lindano en adultos de *Sitophilus zeamais*, Motsch., procedente de tres localidades de la República (1. Yuriria, Guanajuato = \diamond ; Tomatlan, Jalisco = \triangle ; 3. Villa Morelos, Chiapas = \circ) 4. Celaya, Guanajuato. 1992.

5.4.4 Malatión

En el cuadro 9 se presentan los valores de DL_{50} , límites fiduciales, ecuación de regresión y la proporción de resistencia para malatión. El menor valor de la DL_{50} lo obtuvo la colonia de Villa Morelos, Chiapas., con 0.082 $\mu\text{g/insecto}$, contra 0.175 y 0.251 $\mu\text{g/insecto}$, de Tomatlán, Jalisco y Yuriria, Guanajuato, respectivamente.

En el presente trabajo la población más tolerante a malatión fue la de Yuriria, Guanajuato, con una proporción de resistencia de 3.0X con respecto a la población de Villa Morelos, Chiapas. Al comparar estos resultados con los reportados por Lemon (1967) en Inglaterra y las de Perez (1988) en México; se observo que la colonia inglesa tiene una proporción de resistencia de 41.6X y la de México (Tamaulipas) tiene una proporción de resistencia de 2.03X con respecto a la de Yuriria, Gto. (que fue la más tolerante) y de 336X con respecto a la DL_{50} de la colonia de Villa Morelos, Chiapas, es decir, 41.6X y 336 veces más resistente a malatión que la poblaciones de Yuriria, Guanajuato, y Tomatlan, Jalisco. Comparando las DL_{50} s de estas mismas dos poblaciones con los valores encontrados por Lavadinho (1976) en Portugal sobre S. granaruis, se observó que está ultima colonia es 6.7 veces más tolerante que la colonia de Villa Morelos Chiapas, y solamente 0.07 veces más tolerante que la poblaciún de Yuriira, Guanajuato.

En la figura 9 se observa que la población de Yuriria, Gto., presentó la respuesta más homogénea al insecticida, mientras que la población de Villa Morelos, Chiapas, presentó el valor más pequeño de pendiente (2.56), lo cual indica una respuesta muy heterogénea en los individuos evaluados, a pesar de haber proporcionado el menor valor de DL_{50} de las tres poblaciones estudiadas.

5.4.5 D.D.T

En el cuadro 10 se presentan los valores de la DL_{50} , límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y la proporción de resistencia para DDT en las tres poblaciones estudiadas en este trabajo. La población más susceptible a este producto fue la de Villa Morelos, Chiapas, que presentó un valor de DL_{50} de 0.199 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, le siguieron en orden ascendente de tolerancia las poblaciones de Tomatlán, Jalisco, y Yuriria, Guanajuato, cuyos valores de DL_{50} fueron de 1.322 y 2.114 $\mu\text{g}/\text{insecto}$, respectivamente. Tomando como base el valor de la DL_{50} de la población de Villa Morelos, Chiapas, se calculó el valor de la proporción de resistencia para las otras poblaciones, se observó que la población de Tomatlán, Jalisco, fue 6.6X más tolerante que la población de Villa Morelos, Chiapas, mientras que la colonia de Yuriria, Guanajuato, presentó un valor de la proporción de resistencia de 10.6X ó sea 10.6 veces más tolerante a DDT que la población de Villa Morelos, Chiapas. Con base en estos resultados se puede deducir que este producto presenta algunos problg

mas de tolerancia en estas poblaciones de insectos, debido posiblemente al uso masivo e indiscriminado que de él se hizo en todo el país para el control de casi todos los insectos perjudiciales al hombre y a sus alimentos. Aún en la actualidad este producto se sigue usando frecuentemente en la conservación de maíz almacenado por una gran cantidad de agricultores, en diversas localidades del país (Pérez, 1988).

A nivel de DL_{50} los límites fiduciales de estas poblaciones no se traslapan lo cual indica que la susceptibilidad de las tres colonias a DDT no es la misma para todas (Cuadro 10).

En la figura 10 se ilustran las pendientes de los líneas de regresión de las tres poblaciones, donde se observa que la población de Villa Morelos, Chiapas, tuvo la respuesta más heterogénea al DDT, ya que su pendiente fue la más baja (1.87), esto indica que posiblemente esta población esta a punto de sufrir un cambio en susceptibilidad en cuanto a insecticidas organoclorados se refiere. La población de Yuriria, Guanajuato, presentó la respuesta más homogénea a este producto con un valor de pendiente de 2.29.

Cuadro 9. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para malatión, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Localidad | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha=0.05$) | Ecuación de regresión | Proporción de resistencia ** |
|---------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| Villa Morelos Chiapas. | 0.082 | (0.070 - 0.095) | $Y = 7.776 + 2.560X$ | |
| Tomatlan Jalisco | 0.175 | (0.164 - 0.185) | $Y = 10.328 + 7.049X$ | 2.1X |
| Yuriria Guanajuato | 0.251 | (0.238 - 0.267) | $Y = 9.526 + 7.555X$ | 3.0X |

* $\mu\text{g/insecto}$.

** Resultados de dividir las DL_{50s} de las dos colonias, sobre la DL_{50} de la población de Villa Morelos, Chiapas (susceptible).

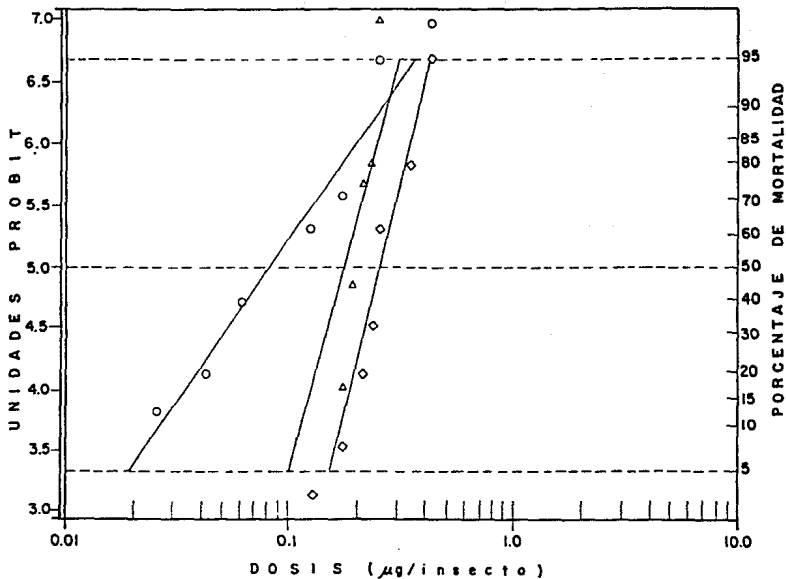


Figura 9: Líneas de respuesta a Malation en adultos de *Sitophilus zeamais* Matsh., procedente de tres localidades de la República (1. Yuriria, Guanajuato = \diamond ; 2. Tomatlan, Jalisco = Δ 3. Villa Morelos, Chiapas = \circ) Celaya Gto. 1992.

Cuadro 10. Valores de la DL_{50} , límites fiduciales ($\alpha=0.05$), ecuación de regresión y la proporción de resistencia para DDT, en tres poblaciones de adultos de Sitophilus zeamais Motsch. Celaya, Guanajuato. 1992.

| Localidad | DL_{50} * | Límites fiduciales ($\alpha = 0.05$) | Ecuación de regresión | Proporción de resistencia ** |
|---------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| Villa Morelos Chiapas. | 0.199 | (0.167 - 0.241) | $Y = 6.317 + 1.879X$ | |
| Tomatlan Jalisco. | 1.322 | (1.125 - 1.549) | $Y = 4.722 + 2.291X$ | 6.6X |
| Yuriria Guanajuato. | 2.114 | (1.800 - 2.510) | $Y = 4.268 + 2.249X$ | 10.6X |

* $\mu\text{g/insecto}$

** Resultados de dividir las DL_{50} s de las dos poblaciones, sobre la DL_{50} de la población de Villa Morelos, Chiapas (susceptible).

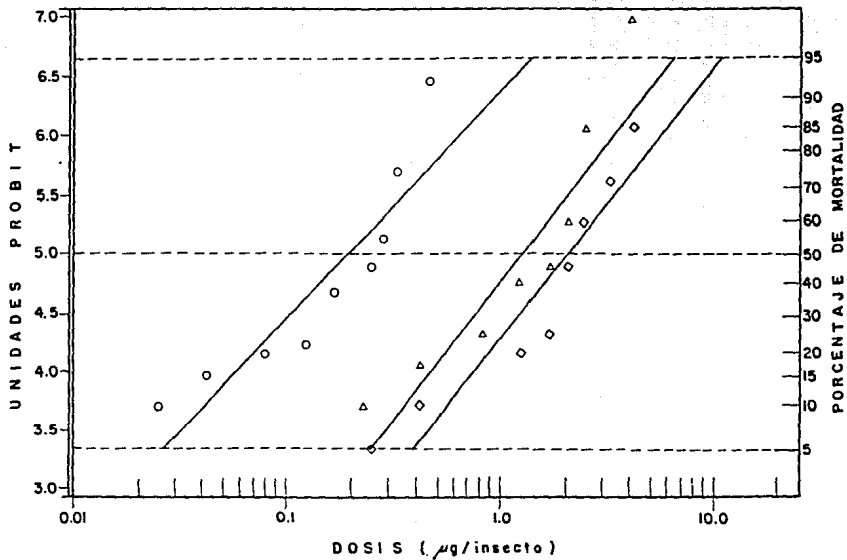


Figura 10: Líneas de respuesta a DDT en adultos de *Sitophilus zeamais* Matsh, procedente de tres localidades de la República (I. Yuriria, Guanajuato = \circ ; Tomatlan Jalisco = Δ ; Villa Morelos, Chiapas = \diamond) Celaya, Guanajuato 1992.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

El insecticida más tóxico para las poblaciones de Sitophilus zeamais fue la deltametrina, seguida por pirimifós metílico, lindano, malatión y DDT.

Los adultos del picudo del maíz procedentes de Yuriria, Guanajuato., fueron los más susceptibles a deltametrina; por otro lado las poblaciones de Villa Morelos, Chiapas y de Tomatlán, Jalisco., mostraron un ligero grado de tolerancia a este insecticida.

La población de insectos proveniente de Villa Morelos, Chiapas., es susceptible a pirimifós metílico, mientras que las poblaciones de Tomatlán, Jalisco, y Yuriria, Guanajuato., mostraron cierta tolerancia, a este insecticida.

El valor de la DL_{50} para lindano nos indica que la población de Villa Morelos, Chiapas., es la más susceptible a este producto y que han desarrollado cierto grado de tolerancia a este insecticida las poblaciones de Tomatlán, Jalisco, y Yuriria, Guanajuato.

La población de Villa Morelos, Chiapas., fue la más susceptible a malatión, y han desarrollado cierto grado de tolerancia las poblaciones de Tomatlán, Jalisco, y Yuriria, Guanajuato.

La población procedente de Villa Morelos, Chiapas, fue la más susceptible a DDT, mientras que el resto de las colonias mostró un alto grado de tolerancia a este insecticida.

Se propone como línea base de comparación para tres de los cinco insecticidas utilizados los siguientes valores:

- a) Deltametrina (0.009 $\mu\text{g}/\text{insecto}$),
para la población de Yuriria,
Guanajuato.
- b) Pirimifós metílico (0.012 $\mu\text{g}/\text{insecto}$).
- c) Lindano (0.021 $\mu\text{g}/\text{insecto}$),
para b y c en las poblaciones
de Villa Morelos, Chiapas.

La información obtenida en el presente trabajo no implica recomendación alguna, debido a que esta es utilizada en estudios sobre el manejo de insecticidas; por lo que se debe considerar como parametros de referencia en la orientación de dosis de aplicación en estudios abocados a la resistencia a los insecticidas por parte de las poblaciones de insectos del género Sitophilus y especie zeamais Motschulsky.

7. LITERATURA CITADA

Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of the insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

Adams, J.M. 1976 Weight loss caused by development of Sitophilus zeamais Motsch. in maize. J. Stored Prod. Res. 12: 269-272.

Aguilera, P.M.M. 1991 Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de Sitophilus zeamais Motsch., Prostephanus truncatus (HORN) y Rhyzoperta dominica (FABR.) en el sur y sureste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 3-27.

Anónimo. 1980. Principales plagas de los granos almacenados. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH. SAM. México. 74 p.

Arenas L.,C. y H. Sánchez A. 1988. DL50 de seis insecticidas de diferentes grupos toxicológicos aplicados a Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera:

Curculionidae) Memorias del XXIII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. (SEM). Morelia, Michoacán. p: 233.

Barkin, D. y B. Suárez. 1985. El fin de la autosuficiencia alimentaria. Editorial Oceáno. Centro de Ecodesarrollo. México. p. 50, 171 y 174 y 174-175.

Borror, D.J., D.M. DeLong y Ch. A. Triplehorn. 1981. An introduction to the study of insects. Fifth edition. Saunders College Publishing. Philadelphia. USA. p. 358-361.

Boyland, E. y L.F. Chasseaud. 1969. The role of glutathione S-transferase in mercapturing acid biosynthesis. Advan. Enzymol. 32: 173 p.

Brown, A.W.A. 1960. Mechanisms of resistance against insecticides. Ann. Rev. Entomol. 5: 301-319.

Brown, G.A., J.H. Brower y E.W. Tilton. 1972. Gamma radiation effects on Sitophilus zeamais and Sitophilus granarius. J. Econ. Entomol. 65(1) : 203-205.

- Bujanos M., R. 1983. Susceptibilidad a insecticidas en Heliothis spp. (Lepidoptera: Noctuidae) del Sur de Tamaulipas, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 85 p.
- Ceballos R., E. 1976. Control químico de plagas de granos almacenados con dos insecticidas en Iguala, Gro México. Memorias del XI Congreso de Entomología. (SEM). México, D.F. p. 59.
- Champ, B.R. y J.N. Cribb. 1965. Lindano resistance in Sitophilus oryzae (L.) and Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) in Queensland. J. Stored Prod. Res. 1: 9-24.
- Champ, B.R. y C.E. Dayte. 1976. Informe de la prospección mundial de la FAO sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 336 p.
- Cortez R., M.O., F.J. Wong C. y J. Borboa F. 1988. Evaluación de la preferencia de Rhyzopertha dominica F. (Coleoptera: Bustrichidae) y Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera:

Curculionidae) en variedades de trigo y maíz respectivamente cosechados en el estado de Sonora. Memorias del XXIII Congreso Nacional de Entomología. (SEM). Morelia, Mich. México. p. 315.

Cotton, R.T. 1979. Silos y graneros, plagas y desinsectación. Nueva Enciclopedia de Agricultura. Ed. Oikos-Tau, S.A. Barcelona, España. p. 27-29.

Díaz C., G. 1970 Evaluación de malatión para controlar el gorgojo del maíz, Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) en tres tipos de grano. Agricultura Técnica en México. Vol. 3(1): 36-38.

FAO. 1969a. Metodos recomendados para la detección y la medición de la resistencia de plagas agrícolas a los plaguicidas. Boletín Fitosanitario de la FAO. Vol. 18, No. 5: 115-124.

FAO. 1975. Método provisional para adultos de algunas especies de plagas importantes de cereales almacenados, con bromuro de metilo y fosfamina. Método No. 16 de la FAO. Boletín Fitosanitario de la FAO. Vol. 23. No. 1: 12-26.

- FAO. 1979. Método para las plagas de larvas de lepidopteros de productos almacenados, y método experimental para detectar la resistencia de los lepidopteros adultos en las plagas de productos almacenados. Método No. 22 de la FAO. Vol. 27, No. 2: 47-51.
- FAO. 1986. Anuario FAO de producción. FAO. ROMA, Italia. Vol. 40 306 p.
- Finney, D. J. 1977. Probit analysis. Cambridge Univ. Prep. 333 p.
- Georghiou, G.P. 1965. Genetic studies on insecticide resistance. Adv. Pest. Control Res. 6: 171-230.
- Georghiou, G.P. y A. Lagunes T. 1988. The occurrence of resistance to agents of chemical control in arthropods. An index of cases reported through 1987. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. (En prensa).
- González G.,O. y A. Lagunes T. 1986. Evaluación de métodos tecnificados y no tecnificados para el combate de Spodoptera frugiperda y Sitophilus zeamais en la

Chontalpa, Tabasco, México. Folia Entomología Mexicana (SEM). 70: 65-74.

Kranz, J. 1978. Diseases pests and weeds in tropical crops. Ed. by J. K. Heinz Schumutterer and Werner Koch, London, Willey. 666 p.

Lagunes T., A. y J.C. Rodriguez M. 1982. Clasificación de los insecticidas y acaricidas en base a sus mecanismos de resistencia. En: Temas selectos sobre manejo de insecticidas agrícolas. Vol. 1 y 2. Centro de Entomología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. p. 23-70.

Lagunes T., A. 1985. Perspectivas en el uso de insecticidas agrícolas en México. En: Temas selectos sobre manejo de insecticidas agrícolas. Vol. 1 A. Lagunes T. y

Lagunes T., A. 1987. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (no publicado).

Lemon, R.W. 1967. Laboratory evaluation of malation, bromophos

and fenitrothion for use against beetles infesting stored products. *J. Stored Prod. Res.* 2: 197-210.

Lindblad, C. y L. Druben. 1979. Almacenamiento de granos. Manejo, secado, silos, control de insectos y roedores. Editorial Concepto. S.A. México, D.F. 331 p.

Longstaff, B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology* 2: 83-130.

Martinez P.,P. y H. Velazco p. 1982. Observaciones preliminares sobre la incidencia y daño en maíz por insectos de los granos almacenados en Valles Centrales de Oaxaca. Memorias del XVII Congreso Nacional de Entomología. (SEM). No. 54. Saltillo, Coahuila. p. 66.

Metcalf, R.L. 1955. Physiological basis for insects resistance to insecticides. *Physiological Review*, 35: 197-232.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1982. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Trad. de la Cuarta Edición en Inglés. ED. CECCSA, México, D.F. 1208 p.

- Miller, T.A., L. Salgado V. y S.N. Irving. 1983. The kdr factor in pyrethroid resistance. In: Pest resistance to pesticides. G.P. Georghiou and Saito (Eds.). Plenum Press, New York. p. 353-366.
- Nakatsugawa, T. y M.A. Morelli. 1976. Microsomal oxidation and insecticide metabolism. In: Insecticide Plenum Press, New York. p. 61-114.
- Ortiz C., A. 1980. Utilización de metil-pirimifós en la conservación de granos almacenados. En: memorias del coloquio internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados. Oaxtepec, Morelos, México. Editado por el Instituto de Biología. UNAM. p. 52-86.
- Paez L., A. 1987. El uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz, Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 102 p.
- Pérez, M.J. 1986. Colecta e identificación de los insectos que atacan los granos almacenados en Campeche. En:

Resúmenes del XXI Congreso Nacional de Entomología,
Monterrey, N.L. México. p. 187-188.

Pérez, M.J. 1988. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz Sitophilus zeamais Motschulky (Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 64-126 p.

Pieterse, A.H. y G.G.M. Schulten. 1974. Investigation on insecticide resistance in tribolium castaneum (Herbst) (Col. Tenebridae), T. confusum. Duv. and Sitophilus zeamais Motsch. (Col. Curculionidae) in small maize cribs in Malawi. Trop. Agric. 51(1): 63-67.

Ramírez G.,M. y D. Barnes. 1958. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. Oficina de Estudios Especiales, S.A.G. México. Folleto No. 6. p. 1-11.

Ramírez G.,M. 1959. Conservación de granos almacenados. UACH. Depto. de Industrias Agrícolas. Chapingo, México.

Ramírez G.,M. 1960. Protectores de grano. Toxicidad comparativa de cuatro materiales. Agric. Tec. en México. 1(10): 36-38.

- Ramírez G.,M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. CECSA, México. 300 p.
- Rodríguez M., J.C. 1982. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a grupos toxicológicos: una base para su manejo racional. Tesis profesional. UACH. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 190 p.
- Rojas L.,J.C. 1985. Determinación específica de las plagas de maíz almacenado en dos municipios del estado de Chiapas. Resúmenes del XX Congreso Nacional de Entomología (SEM). Cd. Victoria, Tamaulipas. México. p. 131.
- Romero V.,C. y M. Ramírez M. 1985. Insectos que infestan al maíz en los almacenes rurales de San Pedro Pozohacán, Edo. de México. Resúmenes del XX Congreso Nacional de Entomología (SEM). Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 130.
- Sánchez A.,H. 1987. Actividad de polvos minerales para el combate de Prostephanus truncatus (Horn.) y Sitophilus zeamais Motsch., en maíz almacenado. Tesis de Maestría en

Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
67 p.

Weaving, A.J.S. 1975. Grain protectants for use under tribal storage conditions in Rhodesia-1. Comparative toxicities of some insecticides on maize and sorghum. J. Stored Prod. Res. 11: 65-70.

Williams, R.N. y E.H. Floyd. 1970. Flight habits of the maize weevil. Sitophilus zeamais. J. Eco. Entomol., 63(5): 1585-1588.

Yasutomi, K. 1983. Role of detoxification esterasas in insecticides. G. p. Georghiou and T. Saito (Eds.).