



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**



V N A M

**"SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS EN DOS POBLACIONES DEL GORGOJO  
PINTO DEL FRIJOL Zabrotes subfasciatus Boh. [COLEOPTERA: BRUCHIDAE]  
PROCEDENTES DE CELAYA, GTO., Y ZACATEPEC, MOR."**

**T E S I S**

**Que para Obtener el Título de  
Ingeniero Agrícola  
presenta:**

**ROBERTO SAUCEDO LARES**

**Asesores:**

**M. C. Joel Pérez Mendoza  
Ing. José Leonides Sánchez González**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1993**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

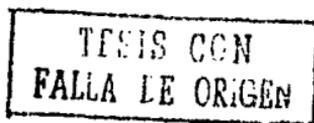
## CONTENIDO

	PAG.
INDICE DE CUADROS -----	V
INDICE DE FIGURAS -----	Vii
RESUMEN -----	ix
1. INTRODUCCION -----	1
1.1. Objetivos -----	2
2. REVISION DE LITERATURA -----	3
2.1. Importancia del frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en México. -----	3
2.2. Insectos que afectan el frijol en el almacén y su importancia económica. -----	3
2.3. Daños que ocasiona el gorgojo pinto del frijol <i>Zabrotes subfasciatus</i> Boheman al grano en almacén. -----	4
2.4. Descripción del gorgojo pinto del frijol <i>Z. subfasciatus</i> . -----	5
2.4.1. Origen y distribución -----	5
2.4.2. Ubicación taxonómica -----	6
2.4.3. Descripción morfológica -----	7
2.4.4. Biología y Hábitos -----	8
2.5. Métodos de control contra el gorgojo pinto del frijol <i>Z. subfasciatus</i> . -----	12
2.5.1. Métodos físicos -----	12
2.5.1.1. Manipulación de temperaturas -----	12
2.5.1.2. Aireación -----	13
2.5.1.3. Aplicación de radiaciones -----	14
2.5.1.4. Polvos minerales o agentes abrasivos -----	15
2.5.2. Extractos y polvos vegetales -----	16
2.5.3. Uso de aceites vegetales -----	18
2.5.4. Resistencia genética del grano -----	18
2.5.5. Control cultural -----	21
2.5.6. Control químico -----	21
2.5.6.1. Uso de insecticidas en la protección de granos almacenados -----	21
2.5.6.2. Uso de insecticidas contra <i>Z. subfasciatus</i> -----	23
2.6. Definición de resistencia de los insectos hacia los insecticidas -----	24
2.6.1. Naturaleza de la resistencia -----	25
2.6.2. Tipos de resistencia -----	26
2.7. Mecanismos de resistencia -----	26
2.7.1. Mecanismos metabólicos -----	26
2.7.1.1. Oxidasas de función mixta (FOM) -----	27
2.7.1.2. Esterasas -----	28
2.7.1.2.1. Carboxiesterasas -----	28
2.7.1.2.2. Fosfotriesterasas -----	28
2.7.1.3. DDT-asa -----	30
2.7.1.4. Glutation-s-transferasa -----	30

2.7.2. Mecanismos no metabólicos -----	30
2.7.2.1. Penetración reducida en el integumento -----	31
2.7.2.2. Acetil colinesterasa insensible --	31
2.7.2.3. Resistencia al derribo (Krd) -----	32
2.7.2.4. Insensibilidad a ciclodienos -----	32
2.7.2.5. Mayor excreción y almacenamiento de tejidos inertes -----	32
2.8. Susceptibilidad o resistencia a insecticidas en <u>Z.</u> <u>subfasciatus</u> -----	32
2.8.1. Bioensayo -----	36
2.8.2. Método Probit -----	37
<b>3. MATERIALES Y METODOS -----</b>	<b>38</b>
3.1. Ubicación del trabajo -----	38
3.2. Insectos e insecticidas utilizados -----	38
3.3. Incremento y manejo de los insectos -----	38
3.4. Dilución de los insecticidas -----	40
3.5. Bioensayo utilizado -----	41
3.6. Exposición de los insectos a los insecticidas ----	41
3.7. Procesamiento estadístico de la información -----	42
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION -----</b>	<b>44</b>
4.1. Ventana de respuesta biológica para los insecticidas utilizados en las dos poblaciones estudiadas -----	44
4.2. Resultados de los bioensayos completos -----	46
4.3. Toxicidad de insecticidas en <u>Z. subfasciatus</u> procedente de Zacatepec, Mor. -----	48
4.4. Toxicidad de insecticidas para la población procedente de Celaya, Gto. -----	48
4.5. Análisis de la toxicidad de los diferentes insecticidas para las dos poblaciones de <u>Z.</u> <u>subfasciatus</u> estudiadas -----	52
4.5.1. Deltametrina -----	52
4.5.2. Pirimifós metílico -----	52
4.5.3. Malatión -----	55
4.5.4. Lindano -----	55
4.5.5. DDT -----	59
4.6. Comparación de los datos obtenidos con los reportados para otras poblaciones de <u>Z. subfasciatus</u> -----	63
<b>5. CONCLUSIONES -----</b>	<b>67</b>
<b>6. LITERATURA CITADA -----</b>	<b>69</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Insecticidas autorizados para el control de plagas en granos almacenados para consumo humano. -----	22
2	Porcentaje estimado de la participación de los principales mecanismos de resistencia a varios insecticidas en poblaciones de artrópodos. -----	29
3	Valores de la $DL_{50}$ , $DL_{95}$ , pendiente y factor de resistencia a Gamma BHC en poblaciones de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., por el método de papel filtro impregnado utilizando dosis discriminatorias, reportados por Tyler y Evans (1981). -----	34
4	Toxicidad y ecuación de regresión de diez insecticidas aplicados tópicamente a <u>Z. subfasciatus</u> , (Arenas y Sánchez, 1989). -----	35
5	Insecticidas experimentales pertenecientes a diferentes grupos toxicológicos; nombre común y nombre químico, grupo toxicológico, estructura química y pureza en porcentaje utilizada. -----	39
6	Ventanas de respuesta biológica para varios insecticidas en la población de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente de Zacatepec, Mor. CEBAJ, 1992. -----	45
7	Ventana de respuesta biológica para varios insecticidas en la población de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente de Celaya, Gto. CEBAJ, 1992. -----	45
8	Respuesta en mortalidad para varias dosis de cinco insecticidas en una población de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente de Zacatepec, Mor. CEBAJ, 1992. -----	46
9	Respuesta en mortalidad para varias dosis de cinco insecticidas en una población de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente de Celaya, Gto. CEBAJ, 1992. -----	47
10	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, $DL_{95}$ , y ecuación de regresión de la línea logaritmo <sup>1</sup> dosis mortalidad para cinco insecticidas en una población de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente de Zacatepec, Mor. CEBAJ, 1992. -----	49
11	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, $DL_{95}$ , y ecuación de regresión de la línea logaritmo dosis mortalidad para cinco insecticidas en una población de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedente	



	de Celaya, Gto. CEBAJ, 1992. -----	49
12	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia para deltametrina, en dos poblaciones de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. CEBAJ, 1992. -----	53
13	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia tos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. CEBAJ, 1992. -----	56
14	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia para malatión, en dos poblaciones de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. CEBAJ, 1992. -----	56
15	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia para lindano, en dos poblaciones de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. CEBAJ, 1992. -----	60
16	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia para DDT, en dos poblaciones de adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. CEBAJ, 1992. -----	60
17	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia de cuatro insecticidas sobre <u>Z. subfasciatus</u> Boh., de tres localidades de México. CEBAJ, 1992. -----	65
18	Valores de la $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, $DL_{95}$ , y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de tres poblaciones de adultos de <u>Zabrotes subfasciatus</u> Boh., más susceptibles hacia los cinco insecticidas utilizados en este estudio. CEBAJ, 1992. -----	66

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG.
1 Adulto de <u>Zabrotes subfasciatus</u> (Boheman) -----	9
2 Hembra de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. -----	9
3 Macho de <u>Z. subfasciatus</u> Boh. -----	9
4 Pata posterior de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., mostrando las dos espinas características de la especie en la tibia. -----	9
5 Líneas de respuesta dosis mortalidad a cinco insecticidas en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Zacatepec, Mor. (1. Deltametrina = ∇; 2. pirimifós metílico = □; 3. malatión = Δ; 4. lindano = ◇; 5. DDT = ⊙). CEBAJ, 1992. -----	50
6 Líneas de respuesta dosis mortalidad a cinco insecticidas en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Celaya, Gto. (1. Deltametrina = ∇; 2. pirimifós metílico = □; 3. malatión = Δ; 4. lindano = ◇; 5. DDT = ⊙). CEBAJ, 1992. -----	51
7 Líneas de respuesta dosis mortalidad a deltametrina en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor. (1. Zacatepec, Morelos = ∇; 2. Celaya, Gto. = ▼). CEBAJ, 1992. -----	54
8 Líneas de respuesta dosis mortalidad a pirimifós metílico en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor. (1. Zacatepec, Morelos = □; 2. Celaya, Gto. = ■). CEBAJ, 1992. -----	57
9 Líneas de respuesta dosis mortalidad a malatión en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor. (Zacatepec, Morelos = Δ; 2. Celaya, Gto. = ▲). CEBAJ, 1992. -----	58
10 Líneas de respuesta dosis mortalidad a lindano en adultos de <u>Z. subfasciatus</u> Boh., procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor. (1. Zacatepec, Morelos = ◇; 2. Celaya, Gto. = ◆). CEBAJ, 1992. -----	61

11 Líneas de respuesta dosis mortalidad a DDT en adul -  
tos de Z. subfasciatus Boh., procedentes de Celaya,  
Gto., y Zacatepec, Mor.  
(1. Zacatepec, Morelos = ○; 2. Celaya, Gto. = ●).  
CEBAJ, 1992. ----- 62

## RESUMEN

De las plagas insectiles que consumen leguminosas almacenadas, el gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus Boh., se considera uno de los más importantes principalmente en zonas cálidas y semicálidas del país, en razón a que puede consumir más del 50 % del peso del grano, además de hacerlo inaceptable para el consumo humano y su comercialización.

Como es sabido este grano representa un componente fundamental en la dieta alimenticia del mexicano.

El método de control más utilizado en México contra los insectos de granos almacenados es el químico, mediante un reducido número de plaguicidas autorizados, mismos que de no emplearse bajo un criterio adecuado pueden acarrear problemas de resistencia hacia ellos por los insectos. En este sentido, todo programa de control químico debe considerar como elemento importante, estudios básicos y aplicados para diseñar mejores estrategias de manejo de insecticidas. Bajo este contexto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  de cinco insecticidas de grupos toxicológicos diferentes en dos poblaciones adultas del gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus Boheman, procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor.
- Evaluar los niveles de susceptibilidad o resistencia hacia estos productos en las dos poblaciones de insectos utilizadas.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Entomología del Campo Experimental Bajío (CEBAJ), dependiente del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS (INIFAP) que se encuentra ubicado en el km. 6.5 de la carretera Celaya- San Miguel de Allende en Celaya, Gto.

Las dos poblaciones de insectos utilizados se reprodujeron en la cámara de cría del laboratorio de Entomología.

Los insecticidas empleados fueron cinco; mismos que pertenecen a grupos toxicológicos diferentes, los cuales son: DDT (OC-DDT), lindano (OC-Be), malatión (F-Cx), pirimifós metílico (FH-SM) y deltametrina (PIR).

La exposición al tóxico se realizó mediante el método de aplicación tópica, depositando 0.05  $\mu$ l/insecto (0.5  $\mu$ g/insecto) de una solución de insecticida a concentración conocida, sobre la superficie dorsal del protórax y mesotórax del insecto adulto de 1-5 días de emergido y pertenecientes a las  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , sin considerar sexo para ambas poblaciones. Se determinó primero la ventana de respuesta biológica al tóxico y posteriormente se realizaron los bioensayos completos.



La mortalidad corregida y los datos de las dosis utilizadas se procesaron mediante el programa Probit.

Para cada población se determinó la  $DL_{50}$ ,  $DL_{95}$ , ecuación de regresión y líneas de respuesta log-dosis mortalidad a los cinco insecticidas empleados.

Los resultados obtenidos indican que el insecticida más tóxico para las dos poblaciones estudiadas fue la deltametrina "PIR", cuyos valores de la  $DL_{50}$  expresados en microgramos/insecto ( $\mu\text{g/insecto}$ ) para la población de Zacatepec, Mor; y Celaya, Gto; son (0.000015 y 0.000019  $\mu\text{g/insecto}$ ) respectivamente. En orden decreciente de toxicidad le siguió pirimifós metílico "FH-SM" con (0.00023 y 0.00029  $\mu\text{g/insecto}$ ), malatión "F-Cx" (0.0016 y 0.0034  $\mu\text{g/insecto}$ ), lindano "OC-Be" (0.0013 y 0.02  $\mu\text{g/insecto}$ ) y por último DDT "OC-DDT" (0.0037 y 0.011  $\mu\text{g/insecto}$ ).

Con base en éstos resultados se propone como línea base de comparación para el gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* el valor de la  $DL_{50}$  (0.000015  $\mu\text{g/insecto}$ ) determinado para deltametrina en la población procedente de Zacatepec, Mor., considerándola como susceptible, y como nuevas líneas base los valores de las dosis letales medias para la misma población, a los siguientes insecticidas: Pirimifós metílico 0.00023, malatión 0.0016, lindano 0.0013 y DDT 0.0037  $\mu\text{g/insecto}$ , respectivamente por ser valores más bajos que los propuestos como líneas base por Arenas y Sánchez, en 1989, al ser comparados para estos insecticidas y especie de insecto.

Los valores de la  $DL_{50}$  para lindano (0.02  $\mu\text{g/insecto}$ ) y DDT (0.011  $\mu\text{g/insecto}$ ) indican que la población de Celaya, Gto., ha desarrollado ciertos niveles de tolerancia hacia estos tóxicos; cuya proporción de resistencia "P.R." son (15.38X y 2.97X) respectivamente.

## 1. INTRODUCCION

Durante el almacenamiento, los granos de leguminosas son particularmente dañados por insectos de la familia Bruchidae quienes pueden consumir más del 50% del peso de la semilla.

De éstas, el frijol es la de mayor consumo en México y parte de Latinoamérica; además de ser un componente fundamental en la alimentación diaria de la población. De los brúquidos que afectan este grano destaca por su importancia económica en regiones cálidas y semicálidas del país, el gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boh. quien puede ocasionar pérdidas considerables a productores y en centros de acopio que almacenan el grano en condiciones inapropiadas.

Las pérdidas producidas son el resultado de la alimentación del insecto, así como de la acción nociva y deteriorativa que propicia por la invasión de otros microorganismos que en conjunto alteran la calidad de consumo y el valor en la comercialización.

El reducido número de plaguicidas autorizados para controlar insectos plaga de granos almacenados, el uso repetido y de forma inadecuada de éstos, aunado a la práctica de incrementar las dosis y la frecuencia de aplicaciones para mejorar los efectos, acarrea problemas de salud pública, contaminación ambiental con residuos tóxicos, y una probabilidad mayor a desarrollar resistencia en los insectos hacia los insecticidas en diversas regiones del mundo; tal es el caso de algunos gorgojos del maíz, trigo y de la harina.

Esto último debido a la fuerte presión selectiva ejercida en los organismos tratados, y a su amplia capacidad adaptativa por lo que desarrollan mayor tolerancia al tóxico, ya que algunos de ellos sobreviven a la acción de este.

El proceso de la resistencia, es el principal responsable de la "necesidad" de incrementar continuamente la cantidad de tóxico, como la acción más cómoda para mantener bajo control a una población-plaga, la cual cada vez presenta menor respuesta hacia mortalidad, a las dosis de los plaguicidas utilizados.

Pese a esto, los plaguicidas constituyen un recurso valioso en la supresión de las plagas dentro de los programas de manejo integrado, por lo que no pueden ser enteramente sustituidos ya que proveen resultados notables de control y se carece de métodos alternos que brinden resultados similares.

Dicho lo anterior es mejor encaminar acciones que permitan hacer uso correcto de estos productos dentro de una estrategia de manejo bien definida para minimizar sus riesgos, utilizarlos por más tiempo en la supresión de poblaciones de insectos plaga y retardar al máximo efectos adversos como la resistencia a los insecticidas.

Para esto es necesario detectar en forma oportuna los niveles de susceptibilidad o resistencia a insecticidas, mediante bioensayos periódicos en poblaciones de insectos sometidos a aplicaciones de dichos productos (Lagunes, 1990).

Los bioensayos determinan la respuesta de la población a uno o varios tóxicos, pudiendo detectar los niveles de susceptibilidad o resistencia, al ser comparados con una colonia susceptible de la misma especie (línea base).

De los brúquidos que consumen granos de leguminosas en almacén no existe hasta ahora un examen sistemático de los niveles de susceptibilidad o resistencia a los plaguicidas, (Champ y Dyte, 1976). De aquí se acentúa la necesidad de evaluar y precisar las cantidades adecuadas de tóxico a utilizar en su control y por consiguiente el monitoreo de sus niveles de evolución con la finalidad de aumentar la vida útil de los plaguicidas.

Por lo antes expuesto y con la finalidad de contribuir al conocimiento sobre los niveles de susceptibilidad o resistencia del brúquido Zabrotes subfasciatus, se evaluó la toxicidad de cinco insecticidas de grupos toxicológicos diferentes en dos poblaciones de insectos procedentes de Celaya, Gto. y Zacatepec, Mor., por medio de bioensayos y se compararon los valores obtenidos con líneas base ya estudiadas.

### 1.1. Objetivos.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, para el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  de cinco insecticidas de grupos toxicológicos diferentes en poblaciones adultas del gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus Boh., procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor.
- Evaluar los niveles de susceptibilidad o resistencia hacia éstos productos en las dos poblaciones de insectos empleados en el estudio.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del frijol Phaseolus vulgaris L. en México.

A nivel nacional el frijol se considera uno de los cultivos más importantes en razón de la superficie dedicada a su producción, la cantidad de grano que se consume y por la actividad económica que genera. De esta leguminosa se siembran alrededor de dos millones de hectáreas, de la cual el 85% se cultiva bajo condiciones de temporal (INEGI, 1988). El grano representa un componente fundamental en la alimentación diaria del mexicano ya que constituye la principal fuente de proteína para la mayoría de la población. El contenido de proteínas es del 24%, además de carbohidratos (57%), así como vitaminas del complejo B, y una gran cantidad de minerales que pueden ser aprovechados por el ser humano (Jamieson y Jobber, 1974). De este grano el consumo percapita anual según Madrid, (1986) es de 16 kilos.

En los últimos años, en el Estado de Morelos en promedio se cultivaron alrededor de 1,833.2 has., con lo cual se obtiene anualmente una producción de 1,409.2 toneladas (DDR-095. 1989).

En 1986 en el estado de Guanajuato se sembraron 149,492 hectáreas, de las cuales solo se cosecharon 99,075 hectáreas, con una media de rendimiento de 481 kg./ha. y una producción total de 47,718 toneladas de grano.

Almacenar el frijol, así como otros granos y productos que constituyen una fuente alimenticia para el hombre ha representado una estrategia para disponer de ellos cuando sea preciso, por ello es necesario protegerlos de agentes que alteren negativamente su calidad y para preservar sus características originales hasta el momento de ser consumidos.

### 2.2. Insectos que afectan el frijol en almacén y su importancia económica.

Lepiz (1982), menciona 28 especies de insectos que atacan al frijol en condiciones de almacén; las más importantes son el gorgojo pardo del frijol, Acanthoscelides obtectus Say y el gorgojo pinto o mexicano del frijol Zabrotes subfasciatus Boh., ambos insectos afectan a esta leguminosa en estado larvario principalmente y la contaminan en su forma adulta.

Dada la acción nociva y deteriorativa de éstos organismos junto con otros factores de tipo biótico y abiótico durante el almacenaje, el frijol suele sufrir daños que repercuten en la calidad; y por lo tanto esto se traduce en pérdidas de carácter económico.

En un estudio realizado en el CIAT (1986 y 1988), se menciona que las pérdidas durante el almacenamiento, pueden alcanzar hasta un 35%; y se calcula que estas pueden ser de un 13 y 15% con respecto a la producción total en América Latina.

Al respecto Reinaldo, et al; 1988, indican que durante el proceso de postcosecha de frijol se pierde aproximadamente el 0.57% en la recolección y el 0.98% en el desgrane.

Por su parte Moreno (1991), señala que el almacenamiento parcelario, es decir, aquel en el que el grano se queda con el ejidatario o pequeño productor para su consumo, es el más desposeído y afectado por la carencia de facilidades para el almacenamiento y conservación del maíz y del frijol, además de que la producción nacional de estos granos (40 y 25 % respectivamente) se queda en las trojes de los productores.

En México, Sifuentes (1981) y Navarro (1983), señalan que los insectos afectan del 10 al 20% de la producción de frijol en almacén; así mismo, indican también que el problema se acentúa más en las regiones tropicales secas y húmedas de los estados de Morelos, Guerrero, Michoacán, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Yucatán.

### 2.3. Daños que ocasiona el gorgojo pinto del frijol *Z.*

*subfasciatus* Boheman al grano en almacén.

Este insecto no ataca los cereales al igual que otros brúquidos, pero está con frecuencia presente como contaminante procedente de infestación cruzada en los almacenes y más particularmente en los mercados y almacenes de los comerciantes (Gutiérrez, 1989).

El insecto puede iniciar la infestación en los granos ya cosechados, sin embargo en la naturaleza se mantiene en leguminosas silvestres de vainas dehiscentes que le sirven como hospederos por lo que este aspecto, hace problemático el control ya que se pueden alimentar de éstas plantas, así como del néctar de las flores de una gran diversidad de especies cuando son adultos (Pierre y pimbert, 1981).

En el cultivo del frijol se ha observado que aquellos con riego insuficiente tienden a ser más susceptibles al ataque de *Acanthoscelides obtectus* y *Z. subfasciatus* desde la etapa de la formación del ejote llegando a presentarse junto con los botones florales (Ramírez, 1991).

Luna y Evangelista (1992), mencionan que las principales plagas que atacan el frijol almacenado aparecen en el campo cuando las vainas empiezan a formarse y que cuando más tarda sin cosecharse el grano, aumenta considerablemente la infestación.

Las pérdidas son ocasionadas por el insecto al perforar la semilla, donde pasan las primeras etapas de su vida y se

manifiestan por la reducción en la cantidad de grano o semilla que es consumida directamente por los insectos y por que demeritan o afectan la calidad del grano debido a la presencia de huevecillos, excremento o cuerpos de los mismos insectos.

Los brúquidos pueden consumir más del 50% del peso de la semilla a la cual degradan y por consiguiente reducen su valor alimenticio y comercial (Tyler y Evans, 1981).

Se menciona que si el embrión de la semilla no fue afectado, las plántulas resultantes son muy débiles debido a la disminución del alimento que proporciona el endospermo para la germinación y emergencia; además las semillas perforadas por los gorgojos son fácilmente afectadas por patógenos que originan pudriciones (Cartin, 1979; Sifuentes, 1985).

Por el daño causado a granos o productos almacenados, el gorgojo pinto se considera como plaga primaria, ya que perfora la testa del grano para alimentarse del endospermo y del embrión (Castro, 1969). Los granos infestados están cubiertos de huevecillos y presentan perforaciones que corresponden a las cámaras de alimentación de los insectos, las cuales afectan la viabilidad y germinación de los granos y los hacen inaceptables en el mercado (Ospina, 1981).

Un tipo de daño de forma indirecta es el ocasionado por el ataque secundario de microorganismos, como bacterias y principalmente hongos, dentro de los cuales están los géneros Penicillium, Aspergillus, Alternaria y Fusarium, cuyo desarrollo es favorecido por condiciones de temperatura y humedad elevadas; mismas que se generan dentro del grano como resultado de la transpiración y metabolismo tanto de los insectos como del mismo grano. El metabolismo de estos hongos produce enzimas que descomponen los carbohidratos, las grasas y las proteínas, lo cual provoca pudrición del grano (Torres, 1977; Ospina, 1981).

#### 2.4. Descripción del gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus Boh.

##### 2.4.1. Origen y distribución.

Igual que muchos brúquidos, Z. subfasciatus Boh. es un insecto específico en granos de leguminosas y particularmente en las diferentes variedades de frijol que se almacena. Varios investigadores coinciden en afirmar que este insecto es originario de las regiones sur y centro de América, de donde se ha extendido considerablemente y establecido en varias partes del mundo, convirtiéndose prácticamente en una especie cosmopolita con cierta preferencia por las regiones cálidas (Ajibola, 1981; Ramos, 1976 y Southgate, 1978).

Con respecto a su distribución, Southgate (1979), indica que los brúquidos se localizan en todos los continentes, excepto en

la Antártida, pero el mayor número de especies viven en las regiones tropicales de Asia, América y África. En este último se estableció hace aproximadamente de 20-25 años, en países como Angola, Zaire, en África Oriental, Kenia, Uganda, Tanzania y Madagascar. En América este insecto se encuentra distribuido desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Brasil (Rego et al., 1978; Schoonhoven y Cardona, 1980).

Z. subfasciatus en México se encuentra dañando al frijol como producto primario y en garbanzos y chícharos como secundario; así mismo la presencia de éste insecto es muy abundante en la zona occidente y en las costas tropicales principalmente en el Golfo de México, mientras que en el Centro y sur del país no es muy abundante (Flores, 1977).

En un estudio efectuado por Gutiérrez y Jiménez (1989), en algunas localidades de la República Mexicana se detectó la presencia de este insecto en los Estados de Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Veracruz, Yucatán y Zacatecas, encontrando a Z. subfasciatus en los mercados ya sea en costalado o a granel, almacenes domésticos y despensa familiar. En el Estado de Guanajuato se le ha reportado en los municipios de Apaseo el Grande, Comonfort y Celaya, solo o con presencia de A. obtectus (Pérez, 1990).

En un estudio realizado sobre distribución y abundancia de insectos de granos almacenados en el Estado de Sonora se encontró que con respecto al frijol, el insecto más abundante es el gorgojo pinto Z. subfasciatus principalmente en Navojoa y Cd. Obregón donde se observó mayor abundancia (Wong y Borboa, 1986).

#### 2.4.2. Ubicación taxonómica.

Orden: Coleóptera  
Suborden: Polyphaga  
Familia: Bruchidae  
Subfamilia: Amblycerinae  
Género: Zabrotes  
Especie: Z. subfasciatus (Boheman).

Dentro de la sinonimia, este insecto fue descrito por primera vez en 1833 por Boheman, quien le denominó Spermophilagus subfasciatus; en 1885 Sharp le cambió el nombre por el de S. dorsopictus. Otros sinónimos que se le han atribuido son Zabrotes pectoralis y Z. dorsopictus. En la actualidad su nombre científico es Zabrotes subfasciatus (Boh.) y comúnmente se le conoce como gorgojo mexicano del frijol o gorgojo pinto del frijol (Ospina, 1979; Schoonhoven y Cardona, 1980).

### 2.4.3. Descripción morfológica.

#### Huevecillos.

Por lo general los huevecillos de los brúquidos son de forma oval aplanada y están protegidos por una cubierta con la cual se adhieren firmemente al sustrato. Los huevecillos se caracterizan por ser circulares. Al principio son hialinos y a medida que transcurre el tiempo adquieren un color blanquecino; en este estado el tamaño varía de 0.5 a 0.6 mm de diámetro (Carreras, 1960; Marín, 1980 y Southgate, 1978).

#### Larva.

La larva del primer estadio emerge del huevecillo y rompe el corión por la parte que se encuentra adherido al grano, para llegar a los cotiledones solamente hace un orificio en la cutícula (de aproximadamente 0.22 mm de diámetro) con el aparato bucal (Marín, 1980).

Una vez que ha atravesado totalmente la testa, empieza a alimentarse, conforme esto sucede, la larva va cavando una galería dirigida hacia el centro del grano. Las larvas de tercero y cuarto instar continúan alimentándose con voracidad formando galerías más anchas y en diferentes direcciones dentro del grano, pero nunca atravesándolo y solo respetan la cutícula hasta que forman la celda pupal (Loya, 1977).

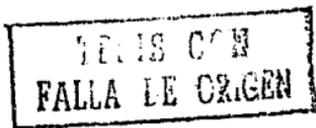
En la mayoría de los brúquidos, al emerger la larva, presentan una placa esclerosada, la cual, según Kunhi (1923), está unida a las patas y al esfínter anal, esto permite que construyan con facilidad las galerías en las semillas. Al respecto Marín (1980), señala que en una parte de la cápsula cefálica, *Z. subfasciatus* presenta un esclerosamiento de color oscuro, además indica que las larvas de esta especie son ligeramente curvadas, subcilíndricas, robustas y de color blanco marfil. Los segmentos torácicos y abdominales muestran lóbulos carnosos en lugar de patas o falsas patas.

El tamaño de las larvas al final del cuarto estadio es de 2.7 a 2.8 mm de largo y se localizan al final de las galerías, pero inmediatamente abajo de la cutícula del grano; antes de entrar al estado de pupa, la larva marca con sus mandíbulas un círculo en la testa del grano para facilitar la salida del adulto (Carreras, 1960; McFarlane y Wearing, 1967).

El estado de prepupa se caracteriza, porque las larvas del cuarto estadio empiezan a engrosar del tórax, dejan de alimentarse y cesan sus movimientos por completo (Carreras, 1960).

#### Pupa.

La pupa es del tipo exarata y su tamaño varía de 2.3 a 3.1



mm de longitud, pigmentándose de color marrón al final de este estado.

En la etapa de preadulto, el gorgojo empieza a mover poco a poco sus antenas, patas y mandíbulas, utilizando estas últimas para empujar la cutícula marcada previamente por el cuarto estadio larval y emerger (Carreras, 1960; Marín, 1980).

#### Adulto.

El adulto es de cuerpo oval, robusto y convexo con el tórax tan ancho en la base como longitudinalmente y posee una cabeza muy pequeña. Es de color pardo a negro, a excepción de la base de las antenas y el ápice de los tarsos; sus antenas son largas, filiformes y sobrepasan la mitad del cuerpo; los artejos (segmentos basales) son más largos que anchos, negros, salvo los dos primeros que son rojizos (Gutiérrez, 1991).

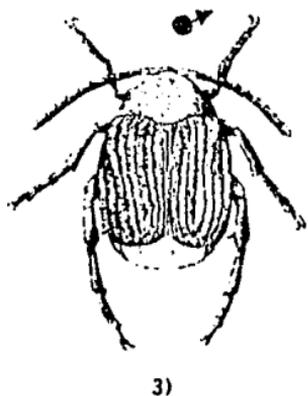
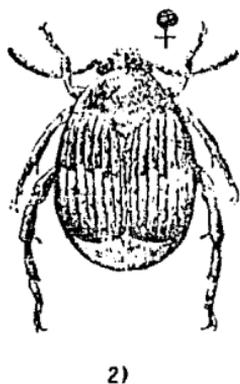
En cuanto a tamaño el autor antes mencionado señala que la hembra (figuras 1 y 2) mide en promedio 2 a 3 mm, y es más grande que el macho (figura 3) quien mide 2.20 mm; además la hembra es de color negro y presenta a simple vista cuatro manchas de color crema en los élitros, los cuales son cortos y pubescentes pero no cubren totalmente el abdomen, mientras que el macho es de color pardo-uniforme. El fémur posterior de este insecto es liso y sin dientes, aunque la tibia (figura 4) posee dos dientes largos rojizos, siendo además capaz de volar.

#### 2.4.4. Biología y Hábitos.

##### Biología.

La temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la humedad relativa (HR) y la variedad de frijol son factores de variabilidad en la duración de cada estado de desarrollo, en la longevidad de los adultos y en el ciclo biológico en general (Pavón *et al.*, 1976; Golob y Kilminster, 1982 y Davies, 1972). Carreras (1960), señala que a una temperatura de 29-34  $^{\circ}\text{C}$  y 73 $\pm$ 75% de HR los diferentes estadios tienen la siguiente duración: el período de incubación del huevecillo es de cuatro días; los cuatro estados larvales duran 12 días, la prepupa y pupa de cuatro a cinco días. Esta especie presenta además una fase de preadulto, cuya duración es de cuatro días al cabo de los cuales emerge el adulto. Por su parte Howe y Currie (1964), indican que a 32.5  $^{\circ}\text{C}$  y 70  $\pm$  5% de HR, el período de incubación dura de cuatro a cinco días y el total del ciclo biológico es de 24.5 días en promedio. Golob y Kilminster (1982), mencionan que la duración del ciclo biológico de este gorgojo fue de 36 días de huevecillo a adulto, utilizando una temperatura de 32  $^{\circ}\text{C}$  y 70% de HR.

Loya (1977), estudio la biología de *Z. subfasciatus* a una temperatura de 27  $\pm$  2  $^{\circ}\text{C}$  y 67  $\pm$  3% de HR e indicó que el tiempo promedio de incubación fue de 8.6 días y la duración conjunta de



Figuras 1,2,3, y 4. 1) Adulto de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.).  
2) Hembra de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.).  
3) Macho de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.).  
4) Pata posterior de *Z. subfasciatus* (Boh).  
mostrando las dos espinas caracteristicas  
de la especie en la tibia.

Cortesía de : Róman Domínguez Rivero (1989).  
Luis Jorge Gutiérrez Díaz (1991).

la larva y pupa de 30.9 días. De acuerdo con esto, tarda en promedio 39.5 días de huevecillo a adulto.

Marín (1980), consigna que a temperaturas de  $25 \pm 2$  °C y humedad relativa de  $78 \pm 2\%$ , el ciclo biológico del gorgojo pinto del frijol es de 28.7 días, desde huevecillo hasta la emergencia de los primeros adultos.

Con respecto a la biología de cada estado de desarrollo, el mismo autor menciona que los huevecillos presentan un período de incubación de 7.73 días. El período larval tiene una duración de 12 días, tiempo en el cual ocurren cuatro estadios larvarios, cuya distribución es la siguiente: larva de primer estadio, 4 días; larva de segundo estadio, 2 días; y larvas de tercero y cuarto estadio 3 días cada uno.

El período pupal del gorgojo tiene una duración de nueve días, considerando las siguientes etapas: prepupa, un día; pupa, cinco días y preadulto tres días. Esta se desarrolla cerca de la cascarrilla (testa), y al emerger como adulto deja un orificio circular característico. El inicio del período pupal según Golob y Kilminster (1982), es de 26 días y el inicio de la emergencia de los adultos es a los 32 días.

En términos generales la literatura menciona que las condiciones óptimas de temperatura para el desarrollo de Z. subfasciatus son de 29-33 °C con un 70-80% de HR.

Con respecto a la longevidad del insecto se menciona que es diferente para hembras y machos; así tenemos que Davis (1972), al realizar un estudio con esta especie, señaló que el ciclo biológico para las hembras fue de 51 días y de 55 para los machos. Pavón et al. (1976), concluyeron que generalmente el macho vive tres días más que la hembra. En relación a esto Loya (1977), indica que la longevidad de la hembra y el macho fue de 9.1 y 14.3 días respectivamente. Marín (1980), señala una diferencia aún mayor, siendo ésta de ocho días, llegando a vivir la hembra 23.2 días. Golob (1982), menciona que la longevidad de las hembras es de 13 días. En general el promedio de vida de las hembras es de 15.3 días, mientras que en los machos llega a ser de 23.2 días y como tales, no se alimentan de los productos almacenados.

#### Hábitos

Pimbert (1987), mediante el uso de un olfatómetro, detectó que el olor de las hembras vírgenes que están en contacto con semillas de frijol atraen significativamente a los machos vírgenes, y que las hembras de más edad liberan una señal química más atractiva para los machos; además la emisión de feromonas sexuales cesa después de la inseminación, pero empieza nuevamente después de cierto tiempo.

Se ha observado que las semillas y vainas abiertas inducen a la copulación y oviposición, además de que se aumenta la producción ovárica (Pierre y Pimbert, 1981).

En la actividad precopulatoria de *Z. subfasciatus* sólo se observan algunas persecuciones del macho a la hembra, probablemente esta actividad antecede a la cópula, la cual es difícil de observar ya que son notablemente molestados por la luz (Loya, 1977).

Al respecto Singh *et al.*, (1979), observaron que el apareamiento tarda de cuatro a cinco minutos, la hembra invariablemente busca un segundo apareamiento y un macho a su vez puede aparearse hasta con 21 hembras.

La oviposición de esta especie se ve afectada, por la temperatura, la inseminación de la hembra, la presencia del número de semillas, y debido a una marcada inclinación de este insecto por las variedades de frijol que presentan semillas grandes. (Howe y Currie, 1964; González *et al.*, 1984).

La hembra oviposita entre 40-60 huevecillos, los adhiere a la semilla (Davies, 1972). Al respecto Golob (1982), indica que el promedio de huevecillos puestos por la hembra es de 51.

González *et al.* (1985), sostiene que la hembra es capaz de poner hasta 56 huevecillos en la variedad de frijol ICA-Pijao (negro) y de infestar 36 granos durante su ciclo de vida; a medida que se aumenta el número de semillas aumenta la fecundidad y el número de granos infestados, con tendencia a lograr valores máximos.

El período de oviposición dura de 3 a 4 días y oviposita el mayor número de huevecillos al tercer día, después un promedio de 17 cada 24 hrs., (Davies, 1972). Tapia (1983), al respecto menciona que el período de oviposición dura de 4 a 5 días en condiciones de temperatura de  $32 \pm 2$  °C Y 70% de HR.

Se ha visto que la oviposición no es un fenómeno continuo, si no que presenta períodos de descanso y el mayor número de huevecillos ovipositados se alcanza al cuarto día (Pierre y Pimbert, 1981; Golob y Kilminster, 1982). Estos autores sostienen además que el período de incubación es de ocho días.

Las semillas con un gran número de huevecillos presentan bajos porcentajes de emergencia, además de que se reduce la duración del ciclo biológico del insecto (Lorza, 1976).

Como prepupa y pupa, el insecto permanece inactivo, pero en la etapa de preadulto, utiliza las mandíbulas para terminar de cortar el orificio de emergencia o salida que había empezado el cuarto instar larval. Una vez concluido su desarrollo, el adulto utiliza las patas para empujar la cutícula del frijol y emerger (Marín, 1980).

Golob y Kilminster (1982,) indican que después del cuarto día de emergidos los adultos, se presenta la mayor cantidad de huevecillos depositados, con una eclosión del 90%.

Utida (1967), menciona que la oviposición colectiva es una adaptación de los brúquidos a vivir en granos almacenados, y supone que el agua producida por la agregación de las larvas es absorbida y ablanda el frijol, lo que hace que la mortalidad de las larvas sea menor.

La luz blanca reduce la capacidad de ovipostura de las hembras, mientras que la temperatura tiene un efecto negativo sobre la duración del período de oviposición y sobre el número de huevecillos depositados, ya que los valores decrecen a medida que aumenta la temperatura (Mensuan, 1935).

En particular se ha visto que a temperaturas mayores de 30°C las hembras depositan mayor cantidad de huevecillos infértiles, y que si la humedad relativa es del 98%, se reduce el número de huevecillos depositados por hembra hasta en un 50% (Mensuan, 1935).

Cuando existe una alta infestación, en un solo grano se pueden desarrollar hasta 10 individuos (Loya, 1977).

## 2.5. Métodos de control contra el gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus*.

En la actualidad existen investigaciones enfocadas a estudiar la forma de controlar las plagas de los granos almacenados empleando diversos métodos; sin embargo, el control químico a base de insecticidas sintéticos sigue siendo el recurso más utilizado para este propósito, tanto en la práctica como en la investigación (Pérez, 1988).

Al respecto se han empleado en México el lindano, malatión, y recientemente permetrina, pirimifós metílico y fenitrotión (Ruppel *et al.*, 1982; Ramírez, 1982; CIAT, 1986).

### 2.5.1. Métodos físicos.

#### 2.5.1.1. Manipulación de temperaturas.

Al respecto se ha utilizado la reducción o aumento de la temperatura. Cotton y Frankenfield (1945), señalaron que para proteger el grano de una fuerte infestación de insectos, esta debe ser almacenada a una temperatura menor de 15.5°C ó bien someterla a un calentamiento en seco a 60 °C por un lapso de 10 minutos.

Ospina (1977), menciona que cuando el frijol es expuesto a una temperatura de 8°C, queda totalmente libre de huevecillos de *Z. subfasciatus*.

En frijol almacenado a -5°C e infestado por el gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* se ha probado recientemente que a partir de los 30 minutos de exposición se empiezan a presentar efectos adversos sobre la biología de los insectos, tales como la progresiva dificultad para recuperarse, la reducción del número de huevecillos que llega a ser nula a los 90 minutos y consecuentemente la reducción del número, peso y daños de los insectos emergidos (Garduño y Gutiérrez, 1991).

Las bajas temperaturas son alternativas viables cuando se manejan de manera integrada en otros métodos de control.

Muller y Arbogast (1985), mencionan que en los trópicos las bajas temperaturas consideradas de refrigeración que se han reportado que no son favorables para la reproducción de insectos, están por abajo de los 13°C. De igual manera se manejan otras temperaturas entre 5 y 22°C por un tiempo de exposición de 24 a 36 horas que son usualmente recomendadas para causar la muerte en sus diferentes etapas de vida de los insectos.

Varios insectos son susceptibles al calor, ya que estos no pueden sobrevivir por periodos largos cuando se exponen a temperaturas de 60 a 66°C. Las temperaturas de 52-55°C por un tiempo de exposición de 3 a 4 horas pueden causar la muerte a los insectos (Osmun, 1985). Sin embargo la aplicación de calor es muy impráctico ya que llega a deteriorar los granos almacenados y repercutir en las pérdidas de cantidad y nutrimentos en algunos granos como la cebada y trigo entre otros.

#### 2.5.1.2. Aireación

La aireación es una práctica de conservación que se ha venido utilizando en el manejo postcosecha de granos desde hace muchos años. Esta es producida mediante maquinaria para ventilar o para modificar la temperatura o ambos, en los grandes almacenes de granos y cuyas funciones son enfriar el grano almacenado para prevenir o reducir la actividad de los insectos y el desarrollo de hongos; igualar la temperatura de la masa de granos para prevenir el movimiento de humedad; para eliminar malos olores del grano; para aplicar fumigantes y para almacenar granos húmedos por periodos breves (Gil Gutiérrez, 1990, citado por Ramírez, 1991).

Actualmente se han planteado investigaciones través de la utilización de aire refrigerado a temperaturas menores de 17 °C sobre todo en climas cálidos para modificar el microclima de los espacios intergranulares del almacenamiento, de tal manera que por las características de aislante térmico del grano, una vez reducida la temperatura inicial del almacenamiento de 30 a 34°C

hasta una temperatura final de 19°C, ésta se mantenga por un lapso de hasta tres meses, en condiciones seguras contra la proliferación de insectos de almacén.

Todo lo anterior trae como consecuencia, la reducción en el contenido de humedad del grano y de la humedad relativa por lo tanto, los insectos y microorganismos no proliferan en forma abundante.

#### 2.5.1.3. Aplicación de radiaciones

Otra alternativa de control, cuya utilización ha sido muy limitada, es el uso de radiaciones ionizadas o de alta energía.

Estas se pueden usar para el control de insectos en granos almacenados por tratamiento directo del grano ó por control genético de poblaciones de insectos, esto se basa en que las radiaciones ocasionan en los insectos esterilidad o semiesterilidad, a dosis más altas y en tiempos de exposición más largos, ocasionan la muerte de los organismos (Ouye, 1985).

El proceso de irradiación consiste en exponer los granos a algún tipo de energía ionizante (radiaciones gamma, electrones acelerados o rayos X), ya sea encostados o a granel. Este proceso es muy eficaz para todos los estadios del insecto, y no deja residuos tóxicos, sin embargo es necesario que el grano tratado se encuentre fuera del alcance de nuevas infestaciones ya que la irradiación no tiene efecto residual (ICGFY, 1988; McGregor, 1983).

La unidad de dosis de absorciones es el rad que es igual a 100 ergios por gramo o bien  $6.24 \times 10^{-4}$  a la trece electrón-voltios por gramo.

Numerosos estudios muestran que una dosis de 0.5 kGy (50 krads) produce esterilidad y muerte de los insectos dentro de las siguientes semanas a la irradiación. Esta dosis reduce la habilidad de los insectos para alimentarse, por lo tanto se controla la plaga. La calidad nutricional de granos irradiados no se afecta aún a 1 kGy (100 krads) y en el rango de 1-10 kGy (10-100 krads) pueden ocurrir pérdidas sólo en algunas vitaminas (OMS, 1981). Estudios sobre la susceptibilidad para radiación de varias especies y estados de desarrollo demuestran la posibilidad de controlar insectos con la aplicación de dosis en el rango de 10 a 50 krad, esto ha sido aprobado en los Estados Unidos de América para la irradiación de trigo y harina.

Este método se ha aplicado solo a nivel de laboratorio y su empleo está restringido a equipo y personal especializado. Además se debe señalar que el empleo de radiaciones pueda presentar peligro de contaminación ya que se manejan dosis de hasta 60 o más krad de radiaciones gamma de una fuente de Cobalto 60 y la dosis máxima promedio de exposición de granos

almacenados aceptada por la ONU es de 100 krad.

Con respecto al frijol, Baker *et al.*, (1983), al realizar un experimento para determinar los efectos de las radiaciones ionizantes sobre plagas de frijol almacenado, indican que dosis de 10,000 rem ocasionó el 100% de mortalidad de *A. obtectus*. En tanto que Passon (1965), probó diferentes dosis de rayos gamma sobre la misma especie indicando que 20 krad (0.20kGy) esterilizan a los adultos y detienen el desarrollo de sus huevecillos y larvas. Loya (1977), aplicó diferentes tratamientos con rayos gamma sobre huevecillos de *Z. subfasciatus*. Los resultados indicaron que los huevecillos fueron los más susceptibles (1.9 krad); en cambio la pupa fue el estado de desarrollo que más resistencia mostró, (43.9 krad); en tanto que los adultos emergidos de pupas con dosis de 10 krad no se reprodujeron.

#### 2.5.1.4. Polvos minerales o agentes abrasivos.

Otra de las opciones que se ha estado manejando para el control de insectos plaga principalmente en el almacenamiento rústico es el uso de materiales minerales, los cuales han logrado buena protección contra los insectos.

La práctica de aplicar polvos minerales para proteger granos almacenados es muy común en lugares donde los recursos económicos no les permite a los agricultores utilizar insecticidas y fumigantes como agentes de control ( Swamiappan *et al.*, 1976; Golob, *et al.*, 1981; González y Lagunes, 1986; CIAT, 1986; Sánchez, 1987). Ante esto; en la agricultura poco tecnificada se aprovecha los recursos disponibles como herramientas de control; así es como una gran cantidad de polvos inertes, cenizas y arenas finas, se han mezclado con el grano de manera tradicional como barreras físicas contra el daño por insectos en almacén.

El modo de acción de estos polvos, con tamaño de partículas inferiores a una micra, dañan la capa de cera de la cutícula de los insectos, produciéndoles grietas, por las que pierden agua metabólica; otro efecto es por la acción abrasiva de esas partículas en las articulaciones de los insectos, ocasionándoles la muerte (Ramírez y Barnes, 1958; Banks, 1976 y Cotton, 1979 citados por Aguilera, 1991).

Otras hipótesis no confirmadas, señalan la desecación de insectos por efectos de los polvos minerales y la alteración del medio físico debido a la acción deshidratante de los polvos; estas hipótesis se fundamentan en observaciones de incremento en la mortalidad al disminuir el contenido de humedad del grano ya que si esta aumenta, disminuye la toxicidad el sílice (Shwir *et al.*, 1988; La'Patourel, 1989).

En México, recientemente se han evaluado algunos minerales inertes con la finalidad de proponer y estimular la utilización de métodos y técnicas no convencionales para controlar plagas de

maíz y frijol almacenado en la agricultura de subsistencia (Lagunes y Rodríguez, 1989).

En evaluaciones realizadas para conocer la eficiencia en la protección al frijol por parte de polvos minerales, con respecto al daño de Z. subfasciatus a nivel laboratorio estudiaron 22 polvos, de los cuales han resultado mejores en efectividad la "ceniza del Volcán Chichonal" y el "tezontle oscuro" al 1.0% (1 gramo de polvo en 100 gramos de grano) quienes han mostrado toxicidad para Z. subfasciatus, A. obtectus, Prostephanus truncatus, y Sitophilus zeamais.

Otros polvos que resultaron promisorios fueron: Mármol, Primex, ROB, Teckies ligero, Teckies pesado, Tezontle gris, Tezontle rojo y Adsorcite. Para Z. subfasciatus también resultaron promisorios la Cal viva, Bentonita, Roca de Jilotepec, Ver., Roca de Pantheolo, Chis, Tequesquite y Tezontle claro (Lagunes y Rodríguez, 1989).

En los países tropicales es muy generalizado almacenar frijol mezclado con ceniza para controlar brúquidos, ya que ésta, al llenar el espacio libre entre los granos, dificulta la entrada de los insectos; cuando se aplica más del 20% de ceniza, en relación al peso del frijol, se obtienen buenos resultados, sobre todo si la mezcla se hace antes de la infestación (Schoonhoven y Cardona, 1980).

#### 2.5.2. Extractos y polvos vegetales

La utilización de polvos vegetales, han sido empleado actualmente como un método alternativo para el control de insectos de granos almacenados ya que se conocen plantas que poseen sustancias con propiedades insecticidas. Entre los productos naturales de mayor trascendencia se encuentran los nicotenoides, piretrinas, rotenona, ryania y sabadilla.

Algunos estudios específicos sobre la eficacia de algunos vegetales con actividad insecticida, han reportado efectos de retraso en el crecimiento, pérdida de peso, reducción del tamaño, desarrollo larval deficiente, alta mortalidad, actividad antialimentaria, antifertilizante y repelente comprobándose que los diferentes grados de toxicidad en los extractos vegetales dependen del tipo de eluyente (Saxena y Yadav, 1986; Saim y Meloan, 1986; Mohanty y col. 1988; Chakraborty y Ghose, 1988; Graige y col. 1985).

En nuestro país se han probado tanto extractos como polvos vegetales contra especies como Prostephanus truncatus, Rhizophorthera dominica, Acanthoscolides obtectus, Zabrotes subfasciatus, Callosobruchus maculatus y Sitophilus zeamais principalmente. Al respecto Lagunes (1984) y Rodríguez (1990), reportan que el polvo de cancerina Hippocratea excelsa presenta un gran efecto tóxico contra Z. subfasciatus, A. obtectus, S.

zeamais y P. truncatus causando alrededor de un 30% de mortalidad y reduciendo la emergencia de insectos adultos.

En el Colegio de Postgraduados, Lagunes y Rodríguez (1989), en evaluaciones de polvos minerales y vegetales al 1.0%, sobre cuatro especies de insectos de importancia en postcosecha de granos básicos, indican que algunas plantas con resultados hasta ahora promisorios para el control de estas especies.

En contra del gorgojo pinto del frijol Z. subfasciatus se tienen nueve plantas prometedoras, de las cuales seis lo son en mortalidad y cuatro en emergencia de insectos. Las plantas que sobresalieron por presentar la mayor mortalidad en esta plaga fueron: Castilleja arvensis, Trichilia havanensis, y Eryngium comosum, entre una lista de tres más. Los resultados en mortalidad para estas que se enuncian fueron los siguientes: 33.0, 30.3, y 30.0%, respectivamente.

Cuevas et al., (1990), utilizaron polvos y extractos de chicalote (Argemone mexicana) para el control de Z. subfasciatus, reportando como mejor tratamiento al polvo de la semilla al 1.0%, ya que este provocó 97.4% de mortalidad, 0.01% de emergencia y de grano dañado, mientras que la dosis de 0.5% causó 76.1% de mortalidad.

Rentería y Wong (1991), estudiaron el efecto antagónico de 10 plantas silvestres del estado de Sonora sobre el gorgojo pinto del frijol Z. subfasciatus y el gorgojo pardo del frijol A. obtectus aplicando polvos al 1 y 5%. Los resultados obtenidos indican que el extracto de batamonte (Baccharis glutinosa) al 5% presentó 15.6% de mortalidad en el gorgojo pinto del frijol, estadísticamente sólo ésta planta fue significativa.

Los autores ya mencionados, indican que las muestras tratadas con extractos de Hediondilla (Larrea tridentata) fueron más susceptibles al ataque de este insecto, mientras que las tratadas con extractos de Cardo Amarillo (Argemone mexicana), Toloache (Datura stramonium) y Palo Loco (Nicotiana glauca), repelieron más al insecto, efecto que se reflejó en el porcentaje de oviposición.

Todos los polvos aplicados al frijol causaron 100% de mortalidad en A. obtectus en ambas dosis aplicadas.

Rodríguez et al., (1992), evaluaron en frijol almacenado 76 tratamientos a dosis de 1% (1gr de polvo en 100 gr. de grano), correspondiendo las plantas a 34 familias; de éstas 17 resultaron promisorias, destacando por su efecto en la mortalidad, los follajes de Pimienta dioica (Myrtaceae), seguido por Ficus padifolia (Moraceae), Coccoloba barbadensis (Polygonaceae), Ingaveira y Manihot esculenta, (Euphorbiaceae) con un porcentaje de 84.6, 68.0, 56.5, 52.2 y 52.2%, respectivamente.

### 2.5.3. Uso de aceites vegetales

El empleo de aceites vegetales, es otro de los métodos que se integran a las herramientas que el hombre ha creado para contrarrestar el daño por insectos a sus granos almacenados.

Se han realizado estudios en laboratorio que demuestran la actividad ovicida y larvicida en estadíos tempranos y la mortalidad en función de la dosis aplicada (Iubijaro, *et al.*, 1985; Don Pedro, 1989 y Iubijaro, 1984).

Los aceites comestibles como los de algodón y maíz constituyen un sistema efectivo de control. Ospina (1979), indica que cuando cada kilogramo de frijol es tratado con cinco mililitros de aceite, el grano no es aceptado por *Z. subfasciatus* como superficie de oviposición, por lo que se obtiene una protección por varios meses, además de que el porcentaje de germinación no es afectado.

En relación a esto, Shoonhoven (1978), citado por Hallman y Andrews (1989), indican que además las propiedades de cocción tampoco se afectan.

Hill y Schonhoven (1981), señalan que aceite vegetal en dosis de 1 ml/kg de semilla de frijol, mostró efectividad contra *Z. subfasciatus* infestando frijol almacenado. La fracción activa del aceite parece ser el componente triglicérido. Aparentemente, solo el ácido oleico es efectivo, mientras que los ácidos linoleicos y arachidónico muestran poco efecto insecticida.

Su (1987), señala la existencia de cuatro compuestos químicos del aceite de la cáscara de limón que presenta actividad insecticida, y Baker (citado por Sánchez, 1987), menciona que el aceite extraído del fruto de *Dennettia tripetala* (Anonaceae), contiene el *B*-fenil nitroetán, tóxico contra insectos, el cual representa perspectivas alentadoras para la protección de granos.

### 2.5.4. Resistencia genética del grano.

Dentro de las alternativas de control no químico de insectos-plaga, el uso de germoplasma resistente como método para reducir los daños por plagas y considerando como un elemento más del control integrado, es factible de aplicarlo contra el grupo de insectos que se ha especializado en alimentarse de granos y productos almacenados; esto se basa en antecedentes de existencia de materiales genéticamente resistentes, los cuales tienen propiedades bioquímicas, físicas o mecánicas que influyen en el nivel de infestación actuando como repelentes o como atrayentes (Eden, 1952; Mills, 1972; Schoonhoven, 1972).

En los últimos cuarenta años se ha estudiado poco y de manera inconsistente acerca de la búsqueda de resistencia genética en granos básicos contra insectos de almacén y aún no se concibe como línea fundamental en estudios de mejoramiento genético, por lo que pocas ocasiones han tenido vinculación con programas definidos y excepcionalmente se ha colaborado de manera multidisciplinaria e interinstitucional.

Dentro de los factores químicos de resistencia en frijol se ha encontrado las proteínas, azúcares y lípidos como contenidos químicos importantes que intervienen en la resistencia del frijol a brúquidos (Metwally, 1983), así como los taninos, alcaloides, saponinas y la fitohemaglutinina (lectina), proteína que actúa como inhibidor del metabolismo de proteínas presentes en la vaina y la semilla, las globulinas y albúmina (fracciones proteicas) que son tóxicas a *C. maculatus*. La actividad de lectinas en el intestino de *A. obtectus* (Say), se debe a la incapacidad de estas moléculas para unirse a las células epiteliales del intestino medio y además provocan una desorganización del tejido adiposo del insecto (Horber, 1983; Jansen, 1976).

Otra proteína que actúa de manera similar a las lectinas es la arcelina, muy importante por sus efectos antibióticos en *Z. subfasciatus* (Boheman). Se sabe que ésta proteína esta regida por un sólo gen, facilitando la transferencia de genotipos silvestres a variedades cultivadas, (CIAT, 1987). Al respecto Osborn *et al.*, (1988), asociaron resistencia a *Z. subfasciatus* con la presencia de ésta proteína.

Otros factores de resistencia son la dureza de la testa del grano, el color y la forma, Painter (1958) y Beck (1965).

También la textura y el tamaño del grano, así como el tiempo de almacenamiento y el contenido de humedad se consideran como factores de resistencia (Martínez y Vera, 1989).

Schoonhoven *et al.*, (1983), citado por Dobbie y Gatehouse (1990), demostraron que algunas variedades silvestres de frijol son resistentes a una o varias especies de brúquidos que se alimentan de semillas.

En el CIAT de Cali Colombia, se preocupan por investigar y crear programas designados a introducir resistencia a variedades de frijol cultivado, siendo los antimetabólitos identificados en frijol silvestre una fuente potencial de resistencia.

Philip Dobie *et al.*, (1990), encontraron dos fuentes potenciales de resistencia que fueron identificadas entre las variedades de frijol. En una se encontró la presencia de una proteína (lectin like protein LLP) la cual fue asociada con la resistencia, mientras que en la otra indican que puede ser vinculada a la presencia de una nueva proteína, similar pero no igual a LLP.

El uso de anticuerpos es sugerido para usarse como herramienta para distinguir resistencia y susceptibilidad entre variedades. Cinco variedades de P. lunatus y seis de P. acutifolius fueron señaladas resistentes a A. obtectus, y se reconocieron como potenciales para transferir genes de resistencia a P. vulgaris vía cruces interespecifica (CIAT, 1988a).

En México son pocas las líneas y variedades resistentes que se han obtenido con características de resistencia al ataque de Z. subfasciatus. Esto mediante la determinación y evaluación de tablas de vida y fertilidad. Las variedades resistentes son Negro Jamapa (Bautista, 1988) y Negro Huasteco (Vera, 1990). La testa en la variedad Jamapa actúa como una barrera importante que impide la penetración de las larvas (De los Santos, 1988).

Marín (1980), señaló a la variedad Pinto 162 como resistente a Z. subfasciatus dado que fue la menos preferida para ovipositar, además de que en ella se produjo el menor número de adultos.

El-Achkar (1991), evaluó la resistencia de cuatro líneas de frijol al gorgojo pinto del frijol mediante las estadísticas demográficas obtenidas de las tablas de vida y fertilidad señalando que los materiales AT-05485-8 y Jamapa mostraron mayor resistencia al desarrollo de éste insecto, ocasionando una gran mortalidad del primer estadio larval, y que la línea AT-05485-17 se comportó como la más susceptible.

En el caso de Jamapa la resistencia esta dada por factores físicos relacionados con la dureza de la testa del grano, mientras que la línea AT-05485-8 los efectos de antixenosis y antibiósis pueden ser los que le están confiriendo la resistencia. Las tasas de reproducción resultantes confirman la susceptibilidad de la línea AT-05485-17 y señalan la resistencia al gorgojo, del material APN-18 por antibiósis.

Wong (1991), al evaluar la susceptibilidad de 15 variedades de frijol al daño ocasionado por Z. subfasciatus señala que las variedades menos susceptibles al ataque de éste insecto fueron las de menor tamaño de grano y de color más claro, como Yorimuri y Tepari; la más susceptible resultó ser la variedad Bolita Querétaro y las variedades Pinto en un grado intermedio.

Borboa y Topete (1992), evaluaron la preferencia de Z. subfasciatus en variedades de frijol, así como la interrelación química y bioquímica; de las variedades evaluadas encontraron que los téparis y yorimuri fueron menos dañados por los insectos, encontrando en su análisis un alto valor de inhibidores de tripsina, comparados con el resto de los granos de otras variedades como Río Grande, Bolita Querétaro y Azufrado ya que los valores de inhibidores de tripsina fueron menores.

### 2.5.5. Control cultural

Hallman y Andrews (1989), indican que almacenar semilla de frijol dentro de vainas en áreas calientes sirve para proteger la semilla contra *Z. subfasciatus*, si la vaina no se quiebra, pero en zonas de mayor altura y menor temperatura no la protege contra *A. obtectus*. Así mismo indican que se debe almacenar en lugares limpios de residuos de semilla vieja en lugares sellados, mezclando aceite (3 ml/kg de semilla) antes de almacenar.

### 2.5.6. Control químico.

#### 2.5.6.1. Uso de insecticidas en la protección de granos almacenados

En México antes de 1960 los productos más usados para el control de las plagas en los productos almacenados fueron DDT, dieldrin, y lindano (Ramírez *et al.*, 1957). A partir de entonces se empezaron a realizar pruebas con productos químicos de reciente aparición en el mercado, entre ellos, el malatión, pirimifós metílico (Ortiz, 1990).

También se han utilizado las piretrinas, conocidas como insecticidas botánicos, pero han sido sustituidos por los piretroides debido a que sus costos son más accesibles y se producen a nivel industrial (Osuji, 1985). El malatión es sin duda el insecticida más ampliamente usado en granos almacenados para el control de plagas insectiles desde 1958.

Los fumigantes más utilizados en México son el bromuro de metilo que se emplea principalmente en las fumigaciones de furgones de ferrocarril cargados con grano, y el fosforo de aluminio que es de gran utilidad para el control de insectos en almacenes, silos, bodegas, furgones y bodegas de barcos (ANDSA, 1979).

El uso autorizado de productos químicos en la protección de granos almacenados (cuadro 1), es muy reducido a causa de los requisitos tan rigurosos establecidos con respecto a los residuos químicos (FAO, 1976), esto ha ocasionado el uso intensivo de éstos, principalmente de malatión y lindano así como el fumigante fosfina detectándose resistencia en algunas especies de insectos a estos productos.

**Cuadro 1. Insecticidas autorizados en México para el control de plagas en granos almacenados para consumo humano.**

Producto	Formulación Toxicológica	Cat.	I.S. (Días)
Pirimifós metílico	C.E. 500.0	IV	20
	POL. 20.0	IV	20
Clorpirifós metil	POL. 30.0	IV	20
	C.E. 25.0	IV	20
Deltametrina	C.E. 1000	III	20
Fenitrotión	POL. 10.0	IV	20
	C.E. 500.0	III	20
Malatión	POL. 40.0	IV	20

Fuente: S.A.R.H. 1991.

Cat.= Categoría toxicológica.

I.S.= Intervalo de seguridad.

#### 2.5.6.2. Uso de insecticidas contra Z. subfasciatus Boh.

Trabajos de Bravo et al., 1960; Salas y Ruppel, 1969; Sousa, 1973; Gouveia, 1959 (citados por Golob y Kilminster, 1982), encontraron que gamma-BHC da buen control de Z. subfasciatus, solo o sinergizado con piretrinas.

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

Salas y Ruppel (1959), y Bravo et al., (1980), (citados por Golob y Kilminster, 1982), encontraron que el malatión aplicado a 10 y 8 ppm respectivamente, fue igual de efectivo y persistente que el gamma BHC; sin embargo, Golob y Kilminster, (1982) contradicen esas observaciones al encontrar lo contrario. Estos mismos autores evaluaron varios insecticidas para controlar a Z. subfasciatus en frijol almacenado, indican que de estos el malatión perdió su actividad después de 6 meses, el gamma BHC fue el más persistente y efectivo durante 24 semanas. Señalan también que para el período en el cual los agricultores requieren proteger su frijol en almacén por cerca de ocho semanas el 6 pirimifós metílico aplicado a 8 ppm da buenos resultados.

En un estudio realizado en el CIAT (1981), (citado por Hallman y Andrews, 1989), se recomienda fumigar semilla infestada con bromuro de metilo o con fosfuro de aluminio. La cantidad y tiempo de exposición al tóxico depende de la temperatura, y además se debe aerear dos días antes de usar el frijol.

Giles, Weauving (1970), Salas y Ruppel (1959) y Bravo et al., (1960), señalaron que mezclas de piretrinas y butóxido de piperonilo resultaron efectivos contra este insecto. Giles también encontró que bioresmetrina sinergizada es efectiva.

Cambell y Penner (1982), aplicaron malatión, paratión y diazinón combinado con bentazón, para proteger frijol almacenado; siendo el malatión más bentazón la mezcla más efectiva. En Lima Perú, se realizó una investigación para evaluar la actividad de diflubenzuron, foxin y malatión para proteger frijol almacenado, indicando que el malatión fue el más efectivo para proteger al grano durante 120 días (Zorogastua, 1981).

Se ha utilizado deltametrina en dosis de 0.1 y 0.2 ppm; permetrina a 2.5 y 5.0 ppm, malatión a 20.0 y 40.0 ppm para proteger frijol almacenado durante cuatro meses (Barreto et al., 1983). Sifuentes (1985), recomienda el uso de malatión al 4% a dosis de 1-2 kg/ton y pirimifós metílico al 2% aplicando dos gr/kg de grano para proteger frijol almacenado.

Evans (1985), evaluó varios insecticidas para controlar plagas de granos almacenados incluyendo Z. subfasciatus, encontró

que la deltametrina (1ppm) controló completamente a este insecto y a Callosobruchus maculatus F., durante 24 semanas de almacenamiento. El fenitrotión a 10 ppm, pirimifós metílico (10 ppm), pirimifós metílico + permetrina (4 ppm + 1 ppm) controlaron completamente a Z. subfasciatus y C. maculatus, e indica también que encontró en el gorgojo pinto del frijol resistencia a lindano, sin embargo, no da valores de la DL<sub>50</sub>, proporción de resistencia ni población susceptible en la que se basa.

Espín (1986), evaluó el efecto tóxico y residual del malatión y lindano en poblaciones del gorgojo pinto del frijol y C. maculatus., encontrando que 250 grs. de lindano por ton. de grano, protege la semilla por un período de tres meses contra Z. subfasciatus y 72.33 grs. de lindano por ton. de grano para protegerlo de C. maculatus. En las dosis probadas de malatión con 73.93 grs. de malatión por tonelada ya sea de frijol o garbanzo se protege al grano por espacio de 35 días.

En algunas investigaciones el malatión se ha probado con otros tratamientos tales como arena, ceniza vegetal, aceite de ajonjolí y aceite de girasol para reducir la infestación del gorgojo pinto del frijol en almacén, demostrando que malatión y ceniza a razón de 2 grs./kg. de grano, de malatión 4% y 20% de ceniza en relación al peso, conservan el grano por 5 meses en condición aceptable de consumo (Arcos, 1989).

Gutiérrez (1987), realizó estudios sobre la utilización de malatión en el granero familiar subterráneo sobre insectos que dañan frijol y maíz; concluyó que es posible conservar estos granos por 7 meses en este método de almacenamiento presentando daños mínimos.

## 2.6. Definición de resistencia de los insectos hacia los insecticidas.

El concepto de resistencia a insecticidas, es complejo y controvertido, ya que es un fenómeno muy relativo (Brattsten, 1989). Este es un término usado comúnmente para señalar la habilidad o capacidad presente en aquellos insectos que no pueden ser eliminados con una dosis que es efectiva contra la mayoría de los individuos de una población normal de dicha especie, la cual no ha sido expuesta previamente al tóxico (Lagunes, 1991) ó como opina Brattsten, contra organismos que pueden ser controlados con la dosis de campo recomendada.

Georghiou (1965), definió a la resistencia cruzada como la respuesta de una población de insectos, expuesta a una presión de selección con un insecticida, ésta población desarrolla resistencia a este insecticida y además, como efecto simultáneo, se hace menos susceptible a otros insecticidas relacionados del mismo grupo toxicológico, que aunque no hayan sido usados,

comparten al menos un mecanismo de resistencia. Este autor define a la resistencia cruzada negativa, como la respuesta de una población que desarrolla resistencia a un insecticida, y simultáneamente aumenta su susceptibilidad a otros productos no utilizados, para los cuales existía resistencia.

Finalmente, define a la resistencia múltiple, como un fenómeno que se presenta cuando una población de insectos, desarrolla resistencia hacia otros insecticidas de grupos toxicológicos semejantes o desiguales que no habían sido aplicados, de tal manera que esa población posee varios mecanismos de resistencia.

El uso excesivo e inadecuado de los insecticidas ha generado el problema de resistencia a estos productos en varias especies importantes que atacan los cultivos agrícolas y en algunas especies que se alimentan de granos almacenados.

En el mundo se ha dedicado poca atención a la resistencia en los insectos de los productos almacenados y es muy poca la información 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 una amenaza tan grave para los granos almacenados como para la producción agrícola en general (Champ y Dyte, 1976).

Georghiou y Lagunes (1988), indican que actualmente se presenta resistencia a malatión y lindano en varios insectos de productos almacenados en diversas regiones del mundo; entre los que sobresalen los siguientes: Tribolium castaneum, T. confusum, Rhizopertha dominica, Cryptolestes ferrugineus, Oryzaephilus surinamensis, O. mercator, Sitophilus granarius, S. zeamais, S. oryzae, Trogoderma granarium, Anagasta kuehniella, Ephestia cautella, Plodia interpunctella y Sitotroga cerealella.

También se menciona la aparición de resistencia a fumigantes como bromuro de metilo y fosfina (fosfuro de aluminio), aunque no se menciona en que especies de insectos (Pérez, 1988).

La aplicación de plaguicidas actúa como un factor de selección poblacional, que elimina a los individuos que son susceptibles y favorece a los que poseen algún mecanismo para evadir o resistir la acción del tóxico usado (Pacheco, 1989).

#### 2.6.1. Naturaleza de la resistencia

Los insecticidas pueden generar genotipos resistentes en los insectos ya que actúan como agentes que eliminan a los individuos susceptibles y favorecen el incremento de aquellos que poseen genes de resistencia hacia el insecticida empleado.

La presencia de poblaciones de insectos-plaga resistentes en condiciones de campo, es una consecuencia del fenómeno de

evolución al que estos han estado expuestos.

Para explicar estos fenómenos existen la teoría "preadaptativa" y la "postadaptativa". En la primera de ella se presupone que los genes que confieren resistencia ya existen en la población y que los insecticidas solo actúan como agentes selectivos, favoreciendo a los genes resistentes; en la segunda se señala que la aparición de resistencia es debido a cambios fisiológicos en los individuos que sobreviven a la aplicación del tóxico 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.

### 2.6.2. Tipos de resistencia

Georghiou (1965), menciona tres tipos de resistencia: por comportamiento (etológica), morfológica y fisiológica. El primer tipo de resistencia se presenta cuando la mayoría de los individuos de una población de organismos evita la exposición al tóxico, debido a algún factor de comportamiento (cambios de hábitos, p.e. diferencia en reacción a un producto repelente o irritante).

La resistencia morfológica ocurre cuando ciertas características morfológicas presentes en algunos individuos evitan que este muera al estar o haber estado en contacto con el tóxico (p.e. cambios externos en la forma del insecto que impidan que el tóxico llegue a ponerse en contacto con el), pudiendo eventualmente generar poblaciones resistentes. El tipo de resistencia fisiológica se considera el más importante o relevante, pues involucra la selección de uno o varios mecanismos de protección que se clasifican en metabólicos y no metabólicos (Georghiou, 1965).

Dentro de los metabólicos están la función oxidativa mixta, glutathion s-transferasa, esterasas y DDTasa. Los mecanismos no metabólicos son: Acetilcolinesterasa insensible, resistencia al derribo, penetración reducida por el integumento, mayor excreción y mayor almacenamiento en tejidos inertes (Georghiou, 1965; Lagunes, 1988). El cuadro 2 presenta una estimación en porcentaje de la participación de varios mecanismos en la resistencia de insectos y ácaros a los insecticidas (Lagunes, 1985).

## 2.7. Mecanismos de resistencia

### 2.7.1. Mecanismos metabólicos

Los mecanismos metabólicos son sistemas enzimáticos presentes en los insectos que participan en la degradación y transformación de los insecticidas en productos poco ó menos tóxicos. Las enzimas principales que conforman estos mecanismos

son las oxidasas de función mixta (FOM), glutatión S-transferasa, esterases y DDTasa (Georghiou, 1972; Terriere y Yu, 1974; Lagunes, 1988).

#### 2.7.1.1. Oxidasas de función mixta (Función oxidativa mixta).

La oxidación de las moléculas de insecticidas en el interior del cuerpo de los insectos a través del sistema conocido como función oxidativa mixta (FOM) es uno de los mecanismos metabólicos de mayor importancia, pues existe una relación directa entre los niveles FOM y el grado de resistencia de los insectos a una gran variedad de sustancias extrañas al organismo (Wilkinson, 1983).

Los insectos poseen cierto nivel de actividad de FOM y por ende están preadaptados para una posterior selección; al parecer este nivel de FOM depende de los hábitos alimenticios del insecto (Brattsten, 1979; Wilkinson, 1980). Las enzimas oxidativas generalistas se localizan en los microsomas de las células; realizan su actividad reductiva mediante la participación de diversas formas del citocromo P-450, (Wilkinson, 1985; Lagunes, 1991; citados por Villanueva, 1992).

Las especies polívoras poseen mayores niveles de actividad oxidativa que aquellos que tienen un número reducido de hospedadoras (Krieger *et al.*, 1971); como resultado de su diversidad enzimática las especies polívoras muestran cierta tolerancia a los insecticidas organosintéticos (Wilkinson, 1983), lo que les confiere una mayor capacidad para desarrollar resistencia a una gran diversidad de insecticidas.

En el caso de los insecticidas organoclorados, se ha reportado la hidroxilación del DDT y su consecuente transformación a dicofol (Agosin, *et al.*, 1961), así como la epoxidación que ocurre en el doble enlace del anillo clorado de los ciclodienes clordano, aldrin, isodrin y heptacloro (Brooks, 1974; Nakatsugawa y Morelli, 1976).

Tanaka y colaboradores (1974), reportan la existencia de reacciones hidrolíticas en varios ciclodienes.

Los carbamatos debido a sus características estructurales proporcionan una gran cantidad de sitios de ataque metabólicos para FOM, siendo metabolizado casi exclusivamente por oxidasas (Oppenoortha y Welling, 1976; Nakatsugawa y Morelli, 1976). Al respecto Casida (1970), indica que la selección con varios carbamatos incrementa los tipos de reacción de oxidación como la epoxidación, hidroxilación y N-demetilación.

Con respecto a los insecticidas organofosforados, la participación de las oxidasas en muchos casos aumenta la toxicidad y en otros la disminuye, dependiendo del tipo de

insecticida y de la reacción específica que se llevó a cabo (Wilkinson, 1971; Nakatsugawa y Morelli, 1976).

Las oxidasas también pueden metabolizar a los piretroides, desempeñando un papel de menor importancia que el mecanismo de resistencia no metabólico, conocido como resistencia al derribo (Lagunes, 1988).

Los productos naturales como la rotenona, sabadilla y piretrinas, también son oxidadas por FOM (Fukami *et al.*, 1969; Yamamoto *et al.*, 1969).

#### 2.7.1.2. Esterasas

Las esterazas incluyen dos tipos de enzimas hidrolíticas conocidas como carboxiesterasas y fosfotriesterasas, las cuales hidrolizan los enlaces esteéricos de los insecticidas organofosforados y producen alcoholes y ácidos que son más solubles en agua y menos tóxicos para el insecto constituyendo la principal causa de resistencia a estos insecticidas (Lagunes, 1988).

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

##### 2.7.1.2.1. Carboxiesterasas.

Las carboxiesterasas atacan los grupos carboxílicos de las moléculas de insecticidas organofosforados y las hidrolizan a sustancias menos tóxicas. Las poblaciones de artrópodos resistentes a malatión, se caracterizan por tener un alto nivel de actividad de carboxiesterasas, las cuales disminuyen en gran medida la toxicidad del insecticida debido a un grupo de esterazas específico, las carboxietilesterasas, carboxiesterasas o alisterasas; ya que atacan la unión carboxiéster (Matsumura y Brown, 1961; Yasutomi, 1983; Lagunes, 1988).

##### 2.7.1.2.2. Fosfotriesterasas

Estas enzimas (fosfatasas) son esterazas hidrolíticas, que rompen los enlaces esteéricos de las moléculas de insecticidas organofosforados, dando lugar a ácidos y alcoholes que son más solubles en agua y menos tóxicos para el insecto (Oppenoorth y Welling, 1976). Degradan principalmente moléculas de insecticidas organofosforados separándolas en metabolitos hidrosolubles a base de fósforo pero con actividad inhibitoria de colinesterasa muy pobre, estas enzimas desdoblan los ésteres fosfóricos o las uniones anhídrido, permitiendo la formación de ácidos dealquifosforicos más un grupo H-X o también pueden formar derivados dealquilados más un alcohol.

Duadro 2. Porcentaje estimado de la participación de los principales mecanismos de resistencia a varios insecticidas en poblaciones de artrópodos.

MECANISMOS DE RESISTENCIA	DDT	Paratión metílico	Paratión etílico	Malatión	Endrin	Permetrina	Carbaril
<b>METABOLICOS</b>							
Función oxidativa mixta (FOM)	10-50	20-30	20-30	20-30	0-10	5-10	40-80
Esterasas	-----	10-70	10-70	5-10	-----	5-30	-----
DDT-desclorhidrasa	20-80	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Glutathion-transferasa	-----	10-40	5-10	5-15	-----	-----	-----
Carboxilesterasa	-----	-----	-----	10-80	-----	-----	-----
<b>NO METABOLICOS</b>							
Mayor excreción	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
Menor penetración	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	10-20
Sensibilidad reducida (krd)	20-80	-----	-----	-----	-----	50-90	-----
ACE insensitiva	-----	5-15	5-15	5-15	-----	-----	10-40
Insensibilidad a ciclodifeno	-----	-----	-----	-----	70-90	-----	-----

Lagunes (1985).

### 2.7.1.3. DDT-asa

También se le conoce como DDT-desclorhidrasa, ésta transforma a la molécula de DDT de clorinándola hasta convertirla en DDE, el cual es un metabolito menos tóxico para insectos (Oppenorth y Welling, 1976; Wilkinson, 1976). Esta enzima es una lipoproteína que necesita glutatión como cofactor para lograr su actividad. La degradación enzimática del DDT a DDE y finalmente a DDA, es un factor importante pues reduce la concentración interna de este insecticida en los individuos resistentes (Metcalf, 1989).

### 2.7.1.4 Glutatión-S-transferasa

El sistema enzimático conocido como glutatión-s-transferasa está constituido por un grupo de enzimas, diferentes en forma y especificidad que en un principio se clasificaron en glutatión s-alquil transferasa, s-aril transferasa, s-alquena transferasa y s-epoxi transferasa, debido a que se encontró variación en la especificidad de estas por el sustrato, estabilidad al calor y respuesta a cambios de pH. Posteriormente se demostró que varias enzimas de este sistema exhiben un amplio traslape en la especificidad del sustrato (Jakoby *et al.*, 1976).

La actividad metabólica de la glutatión s-transferasa se considera como un mecanismo bioquímico que contribuye en la adquisición de resistencia a insecticidas organofosforados, este se encarga de conjugar moléculas electrofílicas con el glutatión del cuerpo del insecto, lo que lo protege de reacciones covalentes entre los tóxicos y los sitios activos; además de volver aniónicas (más solubles en agua) a las moléculas invasoras, debido a una O-dealquilación o una O-dearilación de los insecticidas organofosforados, lo que facilita su excreción (Dauterman, 1983). La conjugación de la enzima con los insecticidas paratión metílico, paraoxón, mevinfós, diazinón, azinfós metílico, diclorvos, tetraclorvinfos y dimétil 1 p-(metil sulfonil)-fenil fosfato, se lleva a cabo cuando la glutatión s-transferasa se une a la fracción O-alquil de la molécula del insecticida.

En paratión metílico y diazinón se ha reportado otro tipo de reacción, en la cual se conjuga la enzima con el grupo aril de la molécula de insecticida (Cohen, 1978). La participación de este mecanismo en la adquisición de resistencia al paratión atílico es de poca importancia, debido a que la actividad de la glutatión s-transferasa es mayor en grupos dimetílicos (Shishido y Fumaki, 1963; Dauterman, 1983).

### 2.7.2. Mecanismos no metabólicos

Los mecanismos de resistencia no metabólicos, dependen de la relativa insensibilidad del sitio bioquímico de acción del

insecticida, de la baja afinidad de la enzima por la molécula del tóxico, de su menor penetración a través del integumento, de la mayor excreción y almacenamiento del insecticida en tejidos inertes. Estos mecanismos de resistencia no tienen relación con niveles enzimáticos (Georghiou, 1965).

#### 2.7.2.1. Penetración reducida en el integumento

El integumento de los insectos actúa como barrera para la penetración de los insecticidas y el grado en que estos penetran a través de la cutícula, es un importante factor que determina su toxicidad; su importancia consiste en que la cantidad que penetra por unidad de tiempo, permita a un sistema enzimático normal hacer frente al insecticida que entra al sistema (Georghiou, 1972; Plapp, 1976). Al coexistir algún otro factor, por ejemplo un metabólico, se aumenta la capacidad de este para conferir a la población de insectos en cuestión una considerable capacidad para tolerar altas dosis de tóxico (Georghiou, 1972).

Vinson y Law (1971), mencionan que un gran contenido de lípidos y proteínas, así como un mayor grado de esclerosamiento, son características de la cutícula de Heliothis virescens resistente a DDT por penetración reducida.

Frecuentemente se sugiere que la penetración del insecticida ocurre con mayor rapidez en las partes del cuerpo donde el integumento es delgado y no esclerosado, sin embargo los canales, poros y otros ductos naturales son también importantes. Al respecto Hartley y Graham-Bryce (1980), aseguran que la velocidad de penetración difiere en función del sitio de aplicación sobre el cuerpo del insecto y es afectado por los solventes que acompañan al tóxico; la penetración del DDT aumenta cuando se usan solventes de baja viscosidad.

#### 2.7.2.2. Acetil colinesterasa insensible

La presencia de acetilcolinesterasa insensible se ha detectado en varias razas de insectos resistentes a insecticidas organofosforados y carbamatos (Lagunes, 1988). El método de acción consiste en inhibir a la acetilcolinesterasa (ACE).

Esta no es otra cosa que insensibilidad en el sitio de acción de estos insecticidas (Lagunes, 1985). Se ha reportado la presencia de ACE insensible en algunas especies de ácaros, indicando que este factor contribuye en la resistencia a insecticidas organofosforados en poblaciones de la "araña roja" Tetranychus urticae y en la garrapata Boophilus microplus (Wharton y Roulston, 1970).

La resistencia a carbamatos por ACE insensible se ha reportado en la chicharrita del arroz Nephotettix cincticeps (Hama

y Iwata, 1971; Iwata y Hama, 1972), mosca doméstica Musca domestica y mosquito Culex pipiens (Raymond et al., 1986).

#### 2.7.2.3. Resistencia al derribo (Kdr)

El mecanismo de resistencia al derribo, también conocido como insensibilidad en el sitio de acción o Kdr (Knock down resistance), se considera como un factor importante de resistencia a DDT y piretroides, confiriendo además resistencia cruzada entre piretroides y DDT (Miller et al., 1983).

Holden (1979), menciona que en la resistencia hacia los insecticidas piretroides, además del factor Kdr, pueden estar involucradas las esterasas y oxidasas siendo la participación relativa de cada mecanismo dependiente del insecto del que se trate.

#### 2.7.2.4. Insensibilidad a ciclodienos

Este mecanismo de resistencia es poco conocido debido a que no se sabe con certeza el modo de acción de estos compuestos. Sin embargo la resistencia a ciclodienos y a lindano por insensibilidad neural, se ha encontrado en algunos insectos, principalmente en mosca doméstica (Winteringham y Harrison, 1959, mencionados por Bujanos, 1983).

#### 2.7.2.5. Mayor excreción y almacenamiento de tejidos inertes

Este mecanismo generalmente está considerado por sí solo como de menor importancia en insectos, sin embargo, cuando se presenta acompañado de otros mecanismos pueden producir una amplificación de ésta (Lagunes, 1988).

### 2.8. Susceptibilidad o resistencia a insecticidas en Z. subfasciatus

No existe hasta ahora un examen sistemático de los niveles de susceptibilidad o resistencia en las principales especies plaga de brúquidos, aunque para su control se ha utilizado mucho el lindano, Champ y Dyte (1976), por consiguiente se acentúa la necesidad de realizar trabajos de este tipo para granos de leguminosas.

Para frijol en almacén se reporta presencia de resistencia de Z. subfasciatus a lindano en México, Uganda y Colombia, sin embargo no se dan los valores de la DL<sub>50</sub>, proporción de resistencia, ni población susceptible como línea base de referencia que permitan hacer comparaciones (Evans, 1985; Tyler

Y Evans, 1985; citados por Georghiou y Lagunes, 1988).

Tyler y Evans (1981), evaluaron la resistencia a gamma-BHC en poblaciones de brúquidos por medio del método de dosis discriminatorias con exposición sobre papel filtro impregnado encontrando que para Z. subfasciatus se presenta resistencia a lindano en poblaciones procedentes de Colombia y México, para Callosobruchus chinenses (L.) de la India y Callosobruchus maculatus (F.) de Malawi y Senegal. En el cuadro 3 se observan las poblaciones de México y Colombia resistentes a lindano, de Nicaragua susceptible, con sus valores de DL<sub>50</sub> y factor de resistencia de la DL<sub>50</sub> y DL<sub>99,9</sub>.

Arenas y Sánchez (1989), encontraron el valor de la DL<sub>50</sub> de diez insecticidas aplicados tópicamente a Z. subfasciatus en Chapingo, México y proponen a los valores obtenidos como líneas base para estudios de resistencia a insecticidas utilizados en el control de esta especie. Los insecticidas utilizados para la determinación de la DL50 fueron: DDT, lindano, permetrina, metomil, carbofurán, malatión, carbaril, dimetoato, monocrotofos y pirimifós metílico. El insecticida más tóxico para Z. subfasciatus fue el monocrotofos seguido por el carbofuran, lindano, permetrina, pirimifós metílico, dimetoato, DDT, malatión, metomil y carbaril, los valores de la DL<sub>50</sub> fueron 0.0019, 0.0023, 0.0029, 0.0030, 0.0038, 0.0063, 0.0132, 0.0169, 0.0182 y 0.0241 µg/insecto adulto respectivamente.

Con base en los resultados proponen que se continúe realizando con frecuencia este tipo de investigaciones, las cuales permitan obtener las variaciones de las dosis letales de las poblaciones de insectos, a los que se aplicaron los tóxicos, a fin de observar el nivel de resistencia que van adquiriendo cada una de las especies por el uso continuo de los insecticidas.

Los valores propuestos por los autores ya mencionados sirvieron como líneas base de comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Cuadro 3. Valores de la  $DL_{50}$ ,  $DL_{99}$ , pendiente y factor de resistencia a Gamma-BHC en poblaciones de *Z. subfasciatus* Boh.

Procedencia	‡ de gamma BHC			F.de R.	
	$DL_{50}$	$DL_{99}$	P	R/S*	$DL_{50}$ $DL_{99}$
1 *Nicaragua, San Marco Carazo, frijol rojo K. (P. Giles).	0.025	0.162	3.8	Resultados duplicados de poblaciones susceptibles indican repetibilidad.	
1 Nicaragua, San Marco Carazo, f. rojo K. (P. Giles)	0.031	0.117	5.3		
2 Nicaragua, Managua, pob. Lab. SEPRAL, f. rojo K, (P. Giles).	0.037	0.181	4.5		
Nicaragua, Managua, pob. Lab. SEPRAL, f. rojo K, (P. Giles).	0.030	0.127	5.0		
3 México, Tepalcingo, Mor. pob. campo (P. Dobie).	0.112	9.75	1.6	4.5	60.2
4 México, Tepalcingo, Mor. pob. campo (P. Dobie).	0.146	2.27	2.6	5.8	14.0
5 México, Tepalcingo, Mor. pob. campo (P. Dobie).	0.069	2.7	1.9	2.8	16.7
6 México, Tepalcingo, Mor. pob. mercado (a) (P. Dobie)	0.215	25.86	1.5	8.6	159.6
7 Colombia	0.337	16.74	1.8	13.5	103.3
Cruza $6\sigma^7 \times 1\phi$	0.045	1.10	2.7	1.8	6.8
Cruza $6\phi \times 1\sigma^7$	0.033	2.59	2.0	1.3	16.0

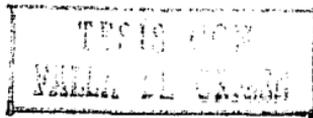
Tomado de Tyler y Evans, 1981.

P = Pendiente.

F. de R. = Factor de resistencia.

\* = Población susceptible de la cual se derivó el F. de R.

(a) = Utilizan lindano y trichlorphon.



Cuadro 4. Toxicidad y ecuación de regresión de diez insecticidas aplicados tópicamente a *Z. subfasciatus*. (Arenas y Sánchez, 1989).

Insecticida	DL <sub>50</sub> µg/insecto	Limites de confianza al 95%	Ecuación de Regresión
monocrotofos	0.0019	(0.00063 - 0.0085)	Y = 7.40 + 0.88 X
carbofuran	0.0023	(0.0010 - 0.0044)	Y = 7.08 + 0.78 X
lindano	0.0029	(0.0018 - 0.0051)	Y = 9.80 + 1.90 X
permetrina	0.0030	(0.0016 - 0.0088)	Y = 8.08 + 1.27 X
pirimifós meti- lico.	0.0038	(0.0024 - 0.0060)	Y = 9.06 + 1.68 X
dimetoato	0.0063	(0.0050 - 0.0075)	Y = 11.70 + 3.05 X
DDT	0.0132	(0.0040 - 0.0410)	Y = 6.37 + 0.73 X
malatión	0.0169	(0.0127 - 0.0221)	Y = 7.86 + 1.62 X
metomil	0.0182	(0.0135 - 0.0240)	Y = 8.25 + 1.87 X
carbaril	0.0214	(0.0161 - 0.008)	Y = 7.37 + 1.42 X

380 insectos por gramo.

µg/insecto = microgramos por insecto.

### 2.8.1. Bioensayo

Un bioensayo es cualquier método que permita determinar alguna propiedad de un material o sustancia en base a la respuesta biológica que produce. El tipo de bioensayo más utilizado en Entomología y Acarología es el indirecto y en él los objetivos principales son dos: a) Determinación de la eficiencia de varios agentes tóxicos contra una población de insectos o artrópodos en general y b) Determinación de la susceptibilidad de diferentes colonias de un insecto a un insecticida (Pérez, 1992).

La determinación periódica de los niveles de susceptibilidad o resistencia indican la evolución de ésta a través de la cuantificación del promedio de cambio en el nivel de susceptibilidad en la población hacia un insecticida determinado, expresado en dosis letal media ( $DL_{50}$ ) (Pacheco, 1989).

El uso de la  $DL_{50}$  revela los cambios de posición de la línea logaritmo-dosis PROBIT ( $ld-p$ ) la cual tiende a desplazarse a la derecha a medida que aumenta la frecuencia de genes de resistencia.

Con los bioensayos se pueden detectar diferencias en susceptibilidad mediante la relación colonia resistente sobre colonia susceptible (R/S) de los valores de la  $DL_{50}$ , llamada proporción de resistencia, o índice de resistencia (I.R.).

También permiten detectar la homogeneidad genética de la población en su respuesta al tóxico, la cual se observa en los valores de la pendiente de la recta de regresión, obtenida mediante el procedimiento PROBIT; entre mayor es la pendiente, la colonia es genéticamente más homogénea, es decir, los individuos poseen los mismos genes de resistencia y en las mismas proporciones (Lagunes, 1991; citado por Villanueva, 1992).

La toxicidad comparativa se debe realizar a nivel de la dosis letal media, ya que a dicho nivel es donde los límites de confianza son más estrechos. Las comparaciones se realizan dividiendo la  $DL_{50}$  de la población susceptible o de referencia, entre la  $DL_{50}$  de la población de campo. Cuando el índice o proporción de resistencia es igual o menor a la unidad, eso significa que la población de campo es susceptible. Conforme el valor de P.R. es mayor, quiere decir que la población de campo va presentando una mayor respuesta al insecticida, y por lo tanto para obtener una mortalidad del 50% de dicha población, es necesario incrementar la dosis con la cual se obtuvo el 50% de mortalidad en la población susceptible (Pacheco, 1989).

No hay una respuesta precisa, para considerar si los valores de la P.R. representan problemas de resistencia, ya que el proceso de resistencia es muy complicado; sin embargo, en forma general, si la P.R. es mayor a la unidad, pero menor a 3x se debe considerar tolerancia por vigor. La interpretación del valor de la P.R. va a depender del mecanismo de resistencia que esté involucrado; por ejemplo, una  $P.R. = X$  para esterazas, no es lo mismo que el mismo valor para una P.R. mediado por oxidasas, o por un mecanismo no metabólico. Esto se fundamenta básicamente

en la forma como se hereda cada uno de los mecanismos de resistencia.

En forma general, los valores de la P.R. donde se considera que la población presenta problemas de resistencia, son para el caso de Kdr de 6-12-14x; para oxidasas de 9-12-16x; y para el caso de esterasas de 50-100 y hasta 200x (Pacheco, 1989).

Para el caso de insecticidas organofosforados la  $DL_{50}$  debe subir de 200-300 veces para considerar resistencia; para piretroides, tiene que subir la  $DL_{50}$  más de 1000 veces (1000x).

### 2.8.2. Método Probit

Es un método estadístico de unidades de probabilidad donde las cifras de respuesta, se representan gráficamente sobre el papel probabilidad-logarítmico y la dosificación-mortalidad se ajusta por medio de una regresión lineal analizándose los resultados mediante una gráfica dosis-respuesta. Este método permite la interpolación de dosis-respuesta y la verificación de los resultados de los bioensayos, dando lugar a la variación de la pendiente en la línea de regresión debido a la susceptibilidad del material biológico estudiado. Para transformar la línea sigmoide resultante de la interpolación dosis-respuesta, en línea recta, se expresa el estímulo (dosis) en logaritmo y el porcentaje de mortalidad (respuesta o efecto) en unidades probit (%).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del trabajo.

El presente trabajo se efectuó en el laboratorio de Entomología del Campo Experimental Bajío (CEBAJ perteneciente al INIFAP-SARH, que se encuentra ubicado en el Km. 6.5 de la carretera Celaya - Sn. Miguel de Allende en el estado de Guanajuato.

#### 3.2. Insectos e insecticidas utilizados

Se trabajó con adultos del gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus Boheman procedentes de Celaya, Gto., y Zacatepec, Mor.

Las poblaciones del insecto se obtuvieron de frijol infestado, colectado en los almacenes del Campo Experimental Bajío y Campo Experimental Zacatepec.

Los insecticidas utilizados en los bioensayos fueron cinco, los cuales son representativos de diferentes grupos toxicológicos. A saber son los siguientes: DDT (OC-DDT), lindano (OC-Be), malatión (F-Cx), pirimifós metílico (FH-SM) y deltametrina (PIR) cuyo nombre común, nomenclatura química, grupo toxicológico, estructura química y grado de pureza utilizado se hace referencia en el cuadro 5.

Los insecticidas empleados, así como el material instrumental fueron proporcionados por el laboratorio de Entomología del CEBAJ.

#### 3.3. Incremento y manejo de los insectos

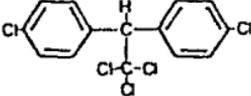
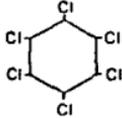
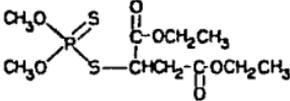
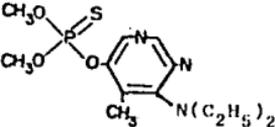
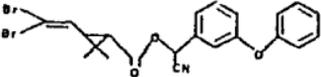
De cada una de las muestras colectadas fueron separados, por medio de tamizado, suficientes adultos para reproducirlos en la cámara de cría del laboratorio de Entomología. Dichos insectos se colocaron en frascos de vidrio de 1 lt de capacidad conteniendo frijol sano; dicho parámetro se estableció por inspección visual física del grano (presencia o no de huevecillos) y por refrigeración previa del grano durante 1-3 días.

Se utilizaron las variedades de frijol Flor de Mayo y Amarillo Azufrado (Peruano) con la finalidad de propiciar la reproducción de los insectos, ya que son "preferidos" por estos organismos en las localidades de Celaya, Gto; y Zacatepec, Mor., correspondientemente.

En los frascos se usaron tapas metálicas con una perforación circular que fue tapada con malla fina de alambre para permitir intercambio de gases (entrada de aire).

Para tener suficientes insectos y realizar los bioensayos completos y con el propósito de trabajar con individuos de edad

**Cuadro 5. Insecticidas experimentales pertenecientes a diferentes grupos toxicológicos; nombre común, grupo toxicológico, estructura química y pureza en porcentaje utilizada.**

Insecticida (Nombre común)	Grupo toxicológico	Estructura química.	Pureza (%)
DDT	OC-DDT		100.00
lindano	OC-Be		99.9
malatión	F-Cx		97.5
pirimifós metílico	FH-SM		50.0
deltametrina	PIR		99.58

similar (1-5 días de emergidos) se infestaron frascos con frijol a intervalos de cinco días.

Para este propósito fueron sexadas 50 parejas de insectos para cada frasco. Los frascos se llevaron a la cámara de cría y a los tres días fueron separados los gorgojos.

La cámara de cría se mantuvo a una temperatura promedio de  $27 \pm 4^{\circ}\text{C}$  y a una humedad relativa de  $70 \pm 5\%$ , así como con un promedio de 8 hrs. luz/día.

En un lapso de 30 a 37 días emergieron nuevas generaciones de gorgojos adultos con edad similar y conocida, con los cuales se procedió a realizar las ventanas de respuesta biológica a cada tóxico así como los bioensayos completos.

#### 3.4. Dilución de los insecticidas

Cada producto técnico se disolvió por separado, en acetona de grado analítico para obtener una solución base al 10% (10 ml).

A partir de ésta se obtuvo una solución al 1% y subsiguientemente de ésta se prepararon soluciones (logarítmicas) de menor concentración con las que mediante un ensayo preliminar (ventana de respuesta biológica) se determinó el rango de respuesta al tóxico detectándose las concentraciones de cada producto que producen efectos entre el 0% y 100% de mortalidad para cada población de insectos.

La ventana de respuesta biológica es un bioensayo preliminar a partir de diluciones logarítmicas al 1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001 y 0.00001%; concentraciones de insecticida donde se encuentra la dosis máxima que mata el 100% de insectos y la dosis mínima que no mata ningún insecto. Esto sirve como base para determinar las dosis intermedias ya que en esta prueba se encuentra el rango superior e inferior de respuesta del insecto al insecticida. En base a lo anterior fueron seleccionadas las dosis intermedias necesarias para realizar los bioensayos completos.

Después se prepararon dosis intermedias a intervalos más próximos, entre el rango establecido previamente para obtener una relación más específica de dosis-mortalidad y efectuar los bioensayos completos. Las dosis se prepararon en frascos tipo vial de 5 ml de capacidad provistos de tapones de látex, y se refrigeraron para posteriormente ser utilizadas.

Al realizar los bioensayos, previamente se dejó temperar al medio ambiente los frascos tipo vial conteniendo el tóxico diluido en acetona, para ser aplicados a los insectos bajo prueba.

### 3.5. Bioensayo utilizado

Para exponer los insectos al tóxico se empleó el método de bioensayo de aplicación tópica, recomendado por la FAO (1969), por ser el medio más preciso y sencillo de dosificación individual para medir la susceptibilidad empleando dosis conocidas de insecticida.

Este método consiste en depositar una cantidad conocida del tóxico (diluida en acetona), en la superficie dorsal, del protórax del insecto; para esto, se empleó un microaplicador manual, que consta de un tornillo micrométrico graduado que va montado sobre una base de madera de tal forma que permite liberar una cantidad conocida del tóxico diluido, en cada graduación; al ser accionado sobre una jeringa Hamilton de 250 microlitros de capacidad que va montada sobre dicho microaplicador. Inicialmente se calibró el microaplicador liberando en cada disparo 0.05 microlitros de solución ( $\mu$ l).

### 3.6. Exposición de los insectos a los insecticidas

Los insectos en su forma adulta de cada población fueron expuestos al tóxico, sin considerar el sexo, sujetándolos suavemente con pinzas de relojero. A cada insecto se le aplicó 0.5 microlitros de tóxico diluido ya preparado. Para esto se uniformizó en cada dosis, la caída de gota liberada de la microjeringa, con la finalidad de dosificar en cada disparo la cantidad exacta a cada individuo.

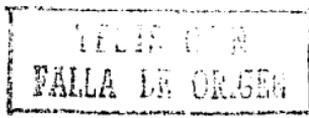
Para cada insecticida se utilizó un mínimo de 7 dosis y cuatro repeticiones para cada una de estas en días diferentes y para cada insecticida. Por cada dosis se trataron 10 insectos, además de un testigo incluido por cada repetición, al que solo se le aplicó acetona.

Las aplicaciones se hicieron sobre adultos de 1 a 5 días de emergidos de las generaciones  $F_1$  y  $F_2$  de la población de Celaya y de la  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  de la población de Zacatepec, Mor.

Esto de acuerdo a que una sola generación no fue suficiente para realizar los bioensayos completos para todos los insecticidas, ya que las muestras colectadas de campo al enviarse para el estudio solo fueron una por localidad consistente en 1 kg. cada una respectivamente para la reproducción en la cámara de cría.

Los insectos tratados por cada dosis y repetición se colocaron en frascos de vidrio con capacidad de 30 ml y provistos de tapas de metal perforadas; después se llevaron a la cámara de cría para la posterior revisión de la mortalidad ocurrida debido a la acción de los tóxicos utilizados.

Las lecturas de mortalidad se realizaron 24 horas después de la aplicación. Cada insecto fue examinado cuidadosamente y se consideró muerto si permanecía inmóvil, o si presentaba



movimientos anormales al ser molestado y soportar una ligera presión sobre el dorso con la punta de las pinzas de disección.

### 3.7. Procesamiento estadístico de la información

Cuando en el testigo se registra una mortalidad mayor de cinco, pero menor de 12% entonces en los tratamientos, se debe corregir el porcentaje de mortalidad mediante la ecuación de Abbott (1925). Para este trabajo así ocurrió, puesto que en algunos testigos hubo mortalidad.

$$M.C. = \frac{X - Y}{100 - Y} \cdot 100$$

Donde:

M.C. = Mortalidad corregida en porcentaje  
 X = Porcentaje de mortalidad en el tratamiento  
 Y = Porcentaje de mortalidad en el testigo

Si la mortalidad en el testigo excede del 12%, entonces los resultados de los tratamientos de ese día se anulan y se vuelve a repetir.

Previo al análisis Probit, los porcentajes de las diluciones se transformaron a microgramos de insecticida aplicado por insecto ( $\mu\text{g}/\text{insecto}$ ), para lo cual se tomó en cuenta que cada insecto fue tratado con  $0.05 \mu\text{l}$  (microlitros) de la concentración o dilución del insecticida respectivo.

Si se considera al solvente (acetona) exclusivamente como vehículo para el depósito del ingrediente activo (I.A.) de un insecticida en un insecto, se puede asumir la densidad del solvente con un valor unitario, por tanto:

En una dilución 1 %, hay 1 gramo de I.A. en 100 ml de acetona.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ gramo} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ ml, } 6 \\ 1 \text{ 000 000} \mu\text{g} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ 000 } \mu\text{l } 6 \\ 10 \mu\text{g} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \mu\text{l} \end{array}$$

por tanto, para cada gota de  $0.05 \mu\text{l}$  al 1 % se depositan sobre el insecto  $0.5 \mu\text{g}$ .

Así, para convertir de porcentaje de solución (en frasco vial) a  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , se multiplicó por el factor 0.5.

Los datos de los bioensayos junto con la mortalidad corregida (en los testigos que hubo mortalidad) se procesaron en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados en Chapingo, Estado de México, mediante el programa PROBIT (Finney, 1977; Said y Calderón, 1980).

Se obtuvieron las líneas de respuesta logaritmo-dosis-mortalidad y los valores de la  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  para cada producto con sus límites de confianza al 95 % de probabilidad (límites fiduciales al 95 %), así como los valores de "a" y de "b" de la ecuación de regresión, la cual representa simbólicamente la suposición de linealidad en la cual todas las medias de las subpoblaciones de Y están sobre la misma recta:

$$Y = a + bx$$

Donde:

- Y = Corresponde a los valores Probit
- a = Es la ordenada al origen, punto donde la recta cruza al eje vertical
- 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"
- x = Es el valor del logaritmo de la dosis sobre el eje vertical

Los valores de la  $DL_{50}$ ,  $DL_{95}$  y ecuaciones de regresión se expresaron en microgramos/insecto.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente trabajo, así como la discusión y el análisis de los mismos.

##### 4.1. Ventana de respuesta biológica para los insecticidas utilizados en las poblaciones estudiadas.

Las concentraciones en porciento de las dosis utilizadas para encontrar la ventana de respuesta biológica (cuadros 6 y 7) variaron para delimitar los rangos de respuesta superior e inferior al tóxico para las dos poblaciones y en los diferentes insecticidas utilizados.

En el cuadro 6 se indican los valores de la ventana de respuesta biológica en el gorgojo pinto del frijol Z. subfasciatus procedente de Zacatepec, Mor. En el caso de DDT los valores que expresan el cero y el 100% de mortalidad de la respuesta se encuentra comprendida entre el 0.0001 y 0.1%, lo mismo sucede para malatión, para lindano y pirimifós metílico y que se encuentra entre 0.00001 y 0.01%, y para deltametrina 0.00001 y 0.0001%.

La ventana de respuesta biológica para la población procedente de Celaya, Gto., se presenta en el cuadro 7 en el cual se observa que para DDT los valores que expresan el cero y el 100% de mortalidad en los insectos tratados, se encuentran comprendidos entre 0.001 y 1.0%, para lindano se encuentra entre 0.0001 y 1.0%, malatión 0.001 y 0.1%, pirimifós metílico 0.00001 y 0.01% y deltametrina entre 0.00001 y 0.001%.

Comparando las ventanas de respuesta biológica al tóxico en las dos poblaciones de Z. subfasciatus se observa que para ambas, en el caso de malatión y pirimifós metílico éstas son similares mismas que están comprendidas entre el 0.001 y 0.1% para el primero y 0.00001 y 0.01% para el segundo.

La deltametrina para ambas poblaciones está comprendida entre 0.00001 y 0.0001% y para DDT y lindano variaron.

Por productos, la deltametrina fue el insecticida que tuvo en sus rangos de respuesta al tóxico los valores mas bajos en cuanto a las dosis expresadas en por ciento, ya que las dosis comprendidas entre 0.00001 y 0.0001% fueron suficientes para matar entre el cero y el 100% de insectos tratados. Le siguió pirimifós metílico con 0.00001 y 0.01%, para el resto de insecticidas hubo variaciones.

Cuadro 6. Ventanas de respuesta biológica para cinco insecticidas en la población de *Z. subfasciatus* (Boh.) procedente de Zacatepec, Mor. CESAJ, 1992.

Insecticida	Dosis(%)	I.Muertos	Insecticida	Dosis(%)	I.Muertos	Insecticida	Dosis(%)	I.MuertoS
DDT	1.0	10	lindano	1.0	10	malatión	1.0	10
	0.1	10		0.1	10		0.1	10
	0.01	5		0.01	10		0.01	8
	0.001	2		0.001	4		0.001	1
	0.0001	0		0.0001	1		0.0001	0
	0.00001	0		0.00001	0		0.00001	0
	testigo	0		testigo	1		testigo	0
pirimifós metílico	1.0	10	deltametrina	1.0	10			
	0.1	10		0.1	10			
	0.01	10		0.01	10			
	0.001	7		0.001	10			
	0.0001	3		0.0001	10			
	0.00001	0		0.00001	0			
	testigo	1		Testigo	0			

Cuadro 7. Ventana de respuesta biológica para varios insecticidas en la población de *Z. subfasciatus* (Boh.) procedente de Celaya, Gto. CESAJ, 1992.

Insecticida	Dosis(%)	I.Muertos	Insecticida	Dosis(%)	I.Muertos	Insecticida	Dosis(%)	I.Muertos
DDT	1.0	10	lindano	1.0	10	malatión	1.0	10
	0.1	9		0.1	8		0.1	10
	0.01	2		0.01	2		0.01	7
	0.001	0		0.001	1		0.001	0
	0.0001	0		0.0001	0		0.0001	0
	0.00001	0		0.00001	0		0.00001	0
	testigo	0						
pirimifós metílico	1.0	10	deltametrina	1.0	10			
	0.1	10		0.1	10			
	0.01	10		0.01	10			
	0.001	7		0.001	10			
	0.0001	1		0.0001	8			
	0.00001	0		0.00001	0			
	testigo	0		testigo	0			

#### 4.2. Resultados de los bioensayos completos

Los resultados obtenidos en los bioensayos para la población de Zacatepec, Mor. se muestran en el cuadro 8 el cual indica la respuesta en mortalidad expresada en porcentaje de acuerdo a las dosis utilizadas, mismas que se transformaron a microgramos/insecto y que fungieron de dosis intermedias.

Para la población de Celaya, Gto. la respuesta en mortalidad a las dosis en porcentaje y microgramos/insecto se indica en el cuadro 9. Los valores señalados establecen los parámetros del análisis probit para determinar la  $DL_{50}$ ,  $DL_{95}$ , sus límites fiduciales y las ecuaciones de regresión.

Cuadro 8. Respuesta en mortalidad para varias dosis de cinco insecticidas en una población de *S. subfasciatus* (Boh.) procedente de Zacatepec, Mor. CERAJ, 1992.

Insecticida	Dosis		Mortalidad C. (%)	Insecticida	Dosis		Mortalidad C. (%)
	(X)	µg/insecto			(X)	µg/insecto	
DDT	0.1	0.05	100.00	lindano	0.01	0.005	100.00
	0.06	0.03	92.30		0.006	0.003	79.49
	0.04	0.02	79.48		0.004	0.002	64.10
	0.02	0.01	64.10		0.003	0.0015	48.71
	0.01	0.005	53.84		0.002	0.001	35.89
	0.004	0.002	38.46		0.001	0.0005	25.64
	0.002	0.001	25.64		0.0008	0.0004	5.12
	0.001	0.0005	15.38				
	0.0008	0.0004	5.12				
malatión	0.03	0.015	100.00	pirimifós metílico	0.004	0.002	100.00
	0.02	0.01	97.43		0.002	0.001	97.43
	0.01	0.005	87.18		0.001	0.0005	79.48
	0.006	0.003	69.23		0.0008	0.0004	69.23
	0.004	0.002	53.84		0.0006	0.0003	56.41
	0.002	0.001	41.02		0.0004	0.0002	43.59
	0.0015	0.00075	23.07		0.0002	0.0001	28.20
	0.001	0.0005	5.13		0.0001	0.00005	15.38
deltametrina	0.0001	0.00005	100.00				
	0.00008	0.00004	94.87				
	0.00006	0.00003	71.79				
	0.00004	0.00002	53.84				
	0.000025	0.0000125	43.59				
	0.00002	0.00001	33.33				
	0.000015	0.0000075	20.51				
	0.00001	0.000005	7.69				

Mortalidad C. = Porcentaje de mortalidad corregida.  
µg/insecto = microgramos por insecto.

Cuadro 9. Respuesta en mortalidad para varias dosis de cinco insecticidas en una población de *Z. subopacatus* (Boh.) procedente de Celaya, Gto. CEBAJ, 1992.

Insecticida	Dosis (%)	Dosis µg/insecto	Mortalidad C. (%)	Insecticida	Dosis (%)	Dosis µg/insecto	Mortalidad C. (%)	
DDT	0.1	0.05	100.00	lindano	0.2	0.1	100.00	
	0.06	0.03	76.31		0.1	0.05	87.18	
	0.04	0.02	65.79		0.06	0.03	61.54	
	0.03	0.015	47.37		0.04	0.02	48.72	
	0.02	0.01	31.58		0.03	0.015	41.02	
	0.01	0.005	26.31		0.02	0.01	23.08	
	0.006	0.003	15.79		0.01	0.005	10.26	
	0.004	0.002	10.52					
malatión	0.03	0.015	100.00	pirimifós metílico	0.004	0.002	100.00	
	0.02	0.01	84.61		0.002	0.001	97.43	
	0.01	0.005	74.36		0.0015	0.00075	79.48	
	0.008	0.004	58.97		0.001	0.0005	66.66	
	0.006	0.003	46.15		0.0006	0.0003	43.59	
	0.004	0.002	28.20		0.0004	0.0002	33.33	
	0.002	0.001	15.38		0.0002	0.0001	23.07	
					0.0001	0.00005	7.70	
deltametrina	0.0002	0.0001	100.00					
	0.0001	0.00005	89.74					
	0.00008	0.00004	84.61					
	0.00006	0.00003	66.67					
	0.00003	0.000015	46.15					
	0.00002	0.00001	23.08					
	0.00001	0.000005	5.13					

Mortalidad C. = Porcentaje de mortalidad corregida.  
 µg/insecto = microgramos por insecto.

#### 4.3. Toxicidad de insecticidas en *Z. subfasciatus* procedente de Zacatepec, Mor.

Los resultados obtenidos por medio del análisis Probit para gorgojos adultos de la población procedente de Zacatepec, Mor., se presentan en el cuadro 10, en donde se indica la  $DL_{50}$ ,  $DL_{95}$ , sus límites fiduciales al 95%, y la ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad para los insecticidas evaluados.

En cuanto a la  $DL_{50}$  el insecticida más tóxico fue la deltametrina, con un valor de 0.000015  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , seguido en orden decreciente, el pirimifós metílico con 0.00023, lindano 0.0013, malatión 0.0016 y DDT 0.0037 microgramos por insecto.

En la figura 5 se muestran las líneas de respuesta logaritmo dosis mortalidad de los cinco insecticidas empleados, señaladas con símbolos de acuerdo al insecticida o tóxico que corresponde.

El valor de la pendiente indica el grado de inclinación de la línea de regresión y la homogeneidad de la respuesta poblacional al tóxico; al ser mayor este valor, la respuesta será más homogénea o uniforme.

Para la colonia de Zacatepec la respuesta de mayor homogeneidad se observó en la deltametrina, seguida por pirimifós metílico, lindano, malatión y por último el DDT que tuvo la respuesta más heterogénea. Los valores de la pendiente para los insecticidas utilizados se dan en la ecuación de regresión en este mismo orden: 3.15, 2.54, 2.53, 2.47 y 1.39 respectivamente (cuadro 10).

#### 4.4. Toxicidad de insecticidas para la población procedente de Celaya, Gto.

Los resultados obtenidos para adultos del gorgojo pinto del frijol procedente de Celaya, Gto., se indican en el cuadro 11.

En orden de mayor a menor toxicidad en cuanto a la  $DL_{50}$ , la deltametrina ocupó el primer sitio con 0.000019  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , seguido por pirimifós metílico 0.00029, malatión 0.0034, DDT 0.011 y lindano 0.020  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ .

En la figura 6 se presentan las líneas de respuesta logaritmo dosis mortalidad a los cinco insecticidas utilizados.

De acuerdo al valor de la pendiente el insecticida que presentó la respuesta más homogénea en cuanto a susceptibilidad fue el malatión, seguido por deltametrina, lindano, pirimifós metílico y por último la respuesta más heterogénea que se presentó para DDT. Los valores en el mismo orden para cada insecticida fueron: 2.96, 2.95, 2.83, 2.36 y 1.68.

La comparación de los valores de la  $DL_{50}$  de los cinco insecticidas obtenidos para esta población contra los obtenidos para la colonia procedente de Zacatepec, indican que la deltametrina es 1.27, pirimifós metílico 1.26, malatión 2.12, DDT 2.97 y lindano 15.38 veces menos tóxico para la población de Celaya, ó en su defecto éstos valores indican el número de veces que ésta población es tolerante a los insecticidas en comparación con los gorgojos procedentes de Zacatepec.

Cuadro 10. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, la  $DL_{95}$  y ecuación de regresión de las líneas log. dosis mortalidad para cinco insecticidas en una población de adultos de *Z. subfasciatus* Boh., procedente de Zacatepec, Mor. CEBAJ, 1992.

INSECTICIDAS	$DL_{50}$ * $\mu$ g/insecto	LIMITES FIDUCIALES AL 95%	$DL_{95}$ * $\mu$ g/insecto	ECUACION DE REGRESION
Deltametrina	0.000015	(0.000013 - 0.000017)	0.000051	$Y = 20.17+3.15X$
Pirimifós metílico	0.00023	(0.00019 - 0.00026)	0.001	$Y = 14.27+2.54X$
Lindano	0.0013	(0.0011 - 0.0016)	0.006	$Y = 12.25+2.53X$
Malatión	0.0016	(0.0014 - 0.0019)	0.0076	$Y = 11.89+2.47X$
DDT	0.0037	(0.0028 - 0.0048)	0.0566	$Y = 8.38+1.39X$

\* Valor expresado en microgramos por insecto.  
Número de adultos en un gramo de insectos: 413 gorgojos

Cuadro 11. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%,  $DL_{95}$  y ecuación de regresión de las líneas log. dosis mortalidad para cinco insecticidas en una población de adultos de *Z. subfasciatus* Boh., procedente de Celaya, Gto. CEBAJ, 1992.

INSECTICIDAS	$DL_{50}$ * $\mu$ g/insecto	LIMITES FIDUCIALES AL 95%	$DL_{95}$ * $\mu$ g/insecto	ECUACION DE REGRESION
Deltametrina	0.000019	(0.000016 - 0.000021)	0.000067	$Y = 18.97+2.95X$
Pirimifós metílico	0.00029	(0.00024 - 0.00034)	0.0014	$Y = 13.36+2.36X$
Malatión	0.0034	(0.0029 - 0.0039)	0.0121	$Y = 12.32+2.96X$
DDT	0.011	(0.0089 - 0.0136)	0.1047	$Y = 8.29+1.68X$
Lindano	0.02	(0.0173 - 0.0232)	0.0762	$Y = 9.61+2.83X$

\* Valor expresado en microgramos por insecto.  
Número de adultos en un gramo de insectos: 405 gorgojos

1. ▽ Deltametrina
2. □ Pirimifós metílico
3. △ Malatión
4. ◇ Lindano
5. ○ DDT

$$Y = 20.17 + 3.15X$$

$$Y = 14.27 + 2.54X$$

$$Y = 11.89 + 2.47X$$

$$Y = 12.25 + 2.53X$$

$$Y = 8.38 + 1.39X$$

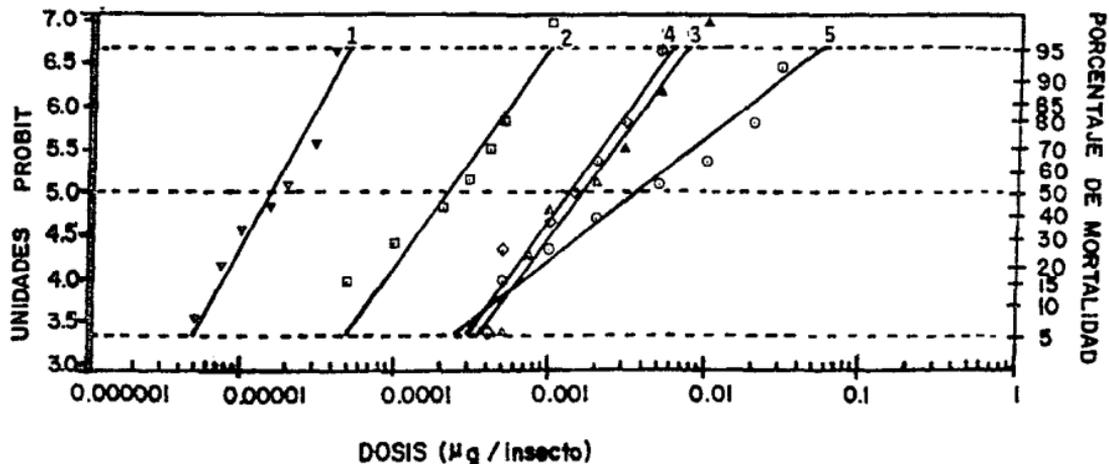


Figura 5. Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), procedentes de Zacatepec, Morelos. CERAJ. 1992.

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. ▽ Deltametrina       | $Y = 18.97 + 2.95X$ |
| 2. □ Pirimifós metílico | $Y = 13.36 + 2.36X$ |
| 3. △ Malatión           | $Y = 12.32 + 2.96X$ |
| 4. ◇ Lindano            | $Y = 9.81 + 2.83X$  |
| 5. ○ DDT                | $Y = 8.29 + 1.68X$  |

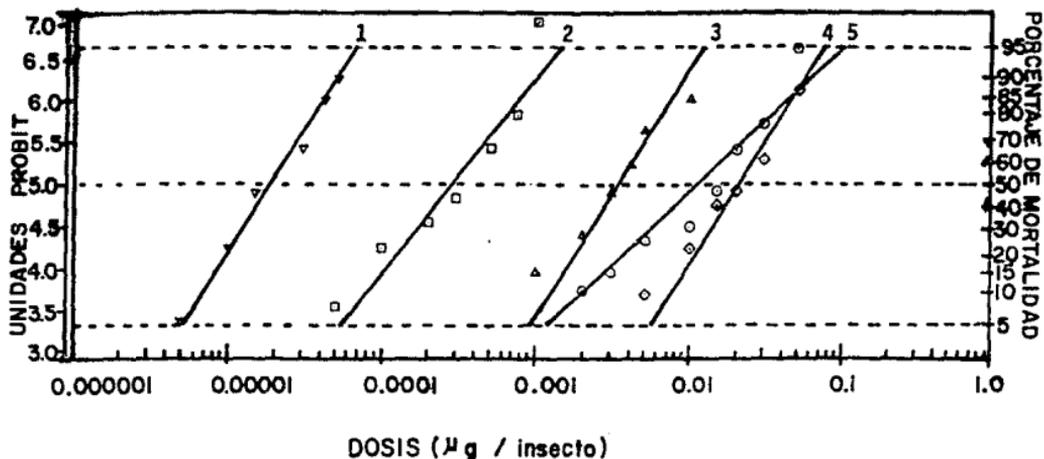


Figura 6. Líneas de respuesta dosis-mortalidad a cinco insecticidas en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), procedentes de Celaya, Guanajuato. CEBAJ. 1992.

4.5. Análisis de la toxicidad de los diferentes insecticidas para las dos poblaciones de Z. subfasciatus Boh. estudiadas.

4.5.1. Deltametrina

En el cuadro 12 se presentan los valores de la  $DL_{50}$ , los límites fiduciales al 95 %, y la ecuación de regresión, así como la proporción de resistencia para la deltametrina en la población del gorgojo pinto del frijol de Zacatepec y Celaya.

De acuerdo con los valores de la  $DL_{50}$  se determinó que la población de Zacatepec, Mor., fue la más susceptible, con un valor de 0.000015  $\mu\text{g}/\text{insecto}$  mientras que la población de Celaya presentó un valor de  $DL_{50}$  de 0.000019  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ ; estos valores indican una mínima diferencia en cuanto a toxicidad en ambas colonias.

Para obtener la proporción de resistencia (P.R.) se divide el valor más bajo de la  $DL_{50}$  de una colonia para un insecticida, sobre el valor más bajo de la  $DL_{50}$  de las colonias que se comparan al mismo insecticida. Esta es un parámetro de comparación de susceptibilidad entre colonias, indicando la cantidad de veces que se tiene que aplicar la dosis más baja de un insecticida, para lograr matar a la población de insectos que se está comparando.

En este caso la P.R. se calculó dividiendo la  $DL_{50}$  de la población de Celaya (colonia considerada) entre la  $DL_{50}$  de la más susceptible (Zacatepec). De acuerdo a esto el valor de la P.R. para la población de Celaya fue 1.27X, que quiere decir el número de veces que esta colonia es más tolerante al tóxico.

Al considerar las  $DL_{50}$  para ambas poblaciones la diferencia se considera mínima. Por otra parte los límites fiduciales al 95 % indican que existe traslape en los valores para ambas poblaciones, por lo que se consideran a las dos con igual susceptibilidad a este tóxico.

En la figura 7 se presentan las líneas de respuesta dosis mortalidad para las dos poblaciones estudiadas; en ella se observa que la de Zacatepec, Mor., presentó una respuesta más homogénea hacia este producto ya que el valor de su pendiente (3.1%) es mayor que en la colonia de Celaya (2.95), por tanto esta última, en su respuesta fue más heterogénea.

4.5.2. Pirimifós metílico

Los valores de la  $DL_{50}$ , límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y la proporción de resistencia del gorgojo pinto del frijol a pirimifós metílico en las dos poblaciones consideradas se indican en el cuadro 13.

Cuadro 12. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia para deltametrina, en dos poblaciones de adultos de *Z. rubifasciatus* Boh. CEBAJ, 1992.

LOCALIDAD	$DL_{50}$ * $\mu$ g/INSECTO	LIMITES FIDUCIALES	ECUACION DE REGRESION	PROPORCION DE RESISTENCIA**
Zacatepec, Mor.	0.000015	(0.000013 - 0.000017)	$Y = 20.17 + 3.15X$	
Celaya, Gto.	0.000019	(0.000016 - 0.000021)	$Y = 18.97 + 2.95X$	1.27X

\* Valor expresado en microgramos por insecto.

\*\* Resultado de dividir la  $DL_{50}$  de la población de Celaya, Gto. sobre la  $DL_{50}$  de la población de Zacatepec, Mor.

1. ▽ Zacatepec, Morelos.  
2. ▽ Celaya, Guanajuato.

$$Y = 20.17 + 3.15X$$

$$Y = 18.97 + 2.95X$$

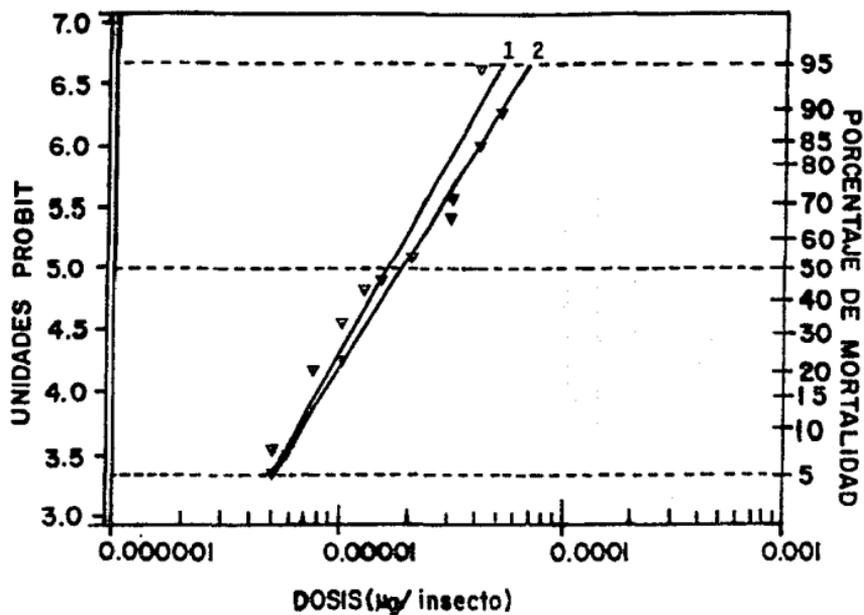


Figura 7. Lineas de respuesta dosis-mortalidad a deltametrina en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). CEBAJ. 1992.

Según los valores de la  $DL_{50}$  la población de Zacatepec fue más susceptible a este insecticida que la colonia de Celaya, Gto., ya que el valor de su dosis letal 50 es menor. Estos valores son : 0.00023  $\mu\text{g/insecto}$  para Zacatepec, y 0.00029  $\mu\text{g/insecto}$  para la de Celaya, Gto.

A partir del valor de  $DL_{50}$  de la colonia de Zacatepec (susceptible) se cálculo la proporción de resistencia, la cual fue 1.26X para la población de la localidad perteneciente a Celaya, Gto. Esta última es entonces 1.26X veces más tolerante al tóxico en comparación con la de Zacatepec.

Así mismo se observa que a nivel de la dosis letal media la diferencia en ambas poblaciones es mínima y tomando en cuenta los valores de sus límites fiduciales al 95 % en los que se observan que hay traslape para las dos, se infiere que éstas son igualmente susceptibles a pirimifós metílico.

En cuanto a la homogeneidad en la respuesta al tóxico, en la figura 8 se observa que la colonia de Zacatepec, Mor., tuvo la respuesta más uniforme debido al valor de la pendiente (2.54), por 2.36 de la de Celaya.

#### 4.5.3. Malatión

De acuerdo a la posición de las líneas de respuesta dosis mortalidad (figura 9) y los valores de las respectivas  $DL_{50}$ , límites fiduciales 95 % y ecuación de regresión (cuadro 14) en las poblaciones de Z. subfasciatus estudiadas se determinó que este insecticida organofosforado fue 2.12X veces menos tóxico en comparación con la colonia de Zacatepec, para los gorgojos adultos de la localidad de Celaya, Gto.

El valor de la dosis letal media para la población procedente de Zacatepec fue 0.0016  $\mu\text{g/insecto}$ , mientras que para la de Celaya fue 0.0034  $\mu\text{g/insecto}$ . A diferencia de la deltametrina y pirimifós metílico, para malatión no existe traslape de valores en los límites fiduciales 95 % de las dos poblaciones por lo que existe diferencia significativa en la respuesta al tóxico.

Según la figura 9 los valores de las pendientes de las líneas de regresión para ambas colonias son diferentes. La respuesta más homogénea con un valor de la pendiente de 2.96 fue para la de Celaya, Gto., mientras que la de Zacatepec presento la respuesta más heterogénea con (2.47) de valor para este producto.

#### 4.5.4. Lindano

Los valores que se muestran en el cuadro 15 indican que la población más susceptible para este insecticida fue la de Zacatepec, con un valor de dosis letal media de 0.0013  $\mu\text{g/insecto}$ , mientras que la de Celaya tuvo un valor de  $DL_{50}$  igual a 0.020  $\mu\text{g/insecto}$ . Para este producto en las dos poblaciones

Cuadro 13. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia para pirimifós metílico, en dos poblaciones de adultos de *Z. subfasciatus* Boh. CEEAJ, 1992.

LOCALIDAD	$DL_{50}$ * $\mu$ g/INSECTO	LIMITES FIDUCIALES	ECUACION DE REGRESION	PROPORCION DE RESISTENCIA **
Zacatepec, Mor.	0.00023	(0.00019 - 0.00026)	$Y = 14.27 + 2.54X$	
Celaya, Gto.	0.00029	(0.00024 - 0.00034)	$Y = 13.36 + 2.36X$	1.26X

\* Valor expresado en microgramos por insecto.

\*\* Resultado de dividir la  $DL_{50}$  de la población de Celaya, Gto. sobre la  $DL_{50}$  de la población de Zacatepec, Mor.

Cuadro 14. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia para metolátion, en dos poblaciones de adultos de *Z. subfasciatus* Boh. CEEAJ, 1992.

LOCALIDAD	$DL_{50}$ * $\mu$ g/INSECTO	LIMITES FIDUCIALES	ECUACION DE REGRESION	PROPORCION DE RESISTENCIA**
Zacatepec, Mor	0.0016	(0.0014 - 0.0019)	$Y = 11.89 + 2.47X$	
Celaya, Gto.	0.0034	(0.0029 - 0.0039)	$Y = 12.32 + 2.96X$	2.12X

\* Valor expresado en microgramos por insecto.

\*\* Resultado de dividir la  $DL_{50}$  de la población de Celaya, Gto. sobre la  $DL_{50}$  de la población de Zacatepec, Mor.

1. □ Zacatepec, Morelos.  
 2. ■ Celaya, Guanajuato.

$$Y = 14.27 + 2.54X$$

$$Y = 13.36 + 2.36X$$

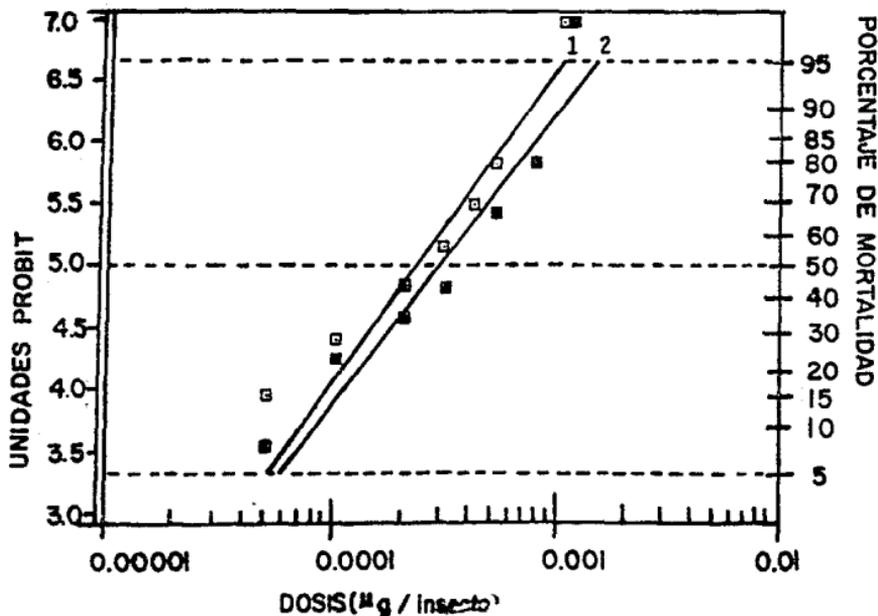


Figura 8. Líneas de respuesta dosis-mortalidad a pirimifós metílico en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). CEBAJ. 1992.

1.  $\Delta$  Zacatepec, Morelos.  
 2.  $\Delta$  Celaya, Guanajuato.

$Y = 11.89 + 2.47X$   
 $Y = 12.32 + 2.96X$

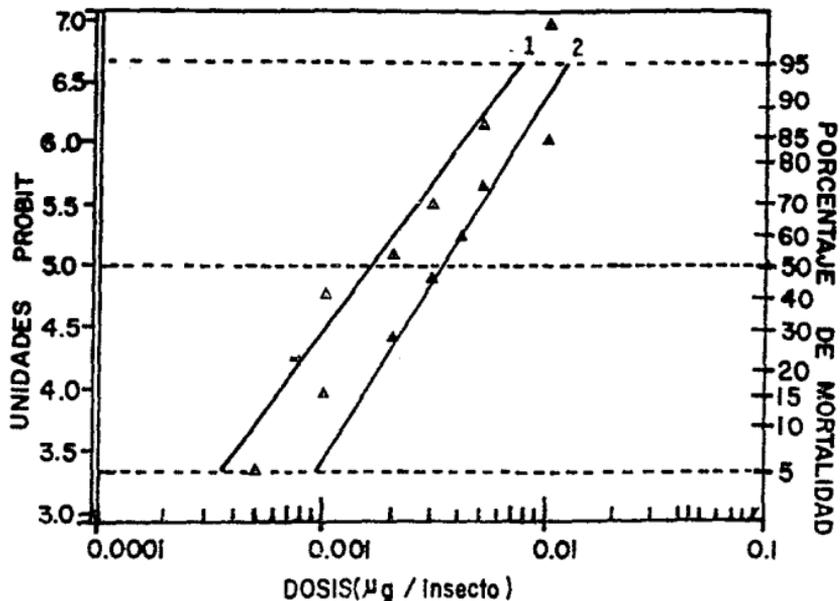


Figura 9. Lineas de respuesta dosis-mortalidad a malación en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). CEBAJ. 1992.

estudiadas, existe una diferencia marcada en cuanto a los valores de la dosis letal media por lo que el grado de susceptibilidad es notoriamente diferente.

La proporción de resistencia a partir de estos valores indica que la colonia de Celaya es 15.38X veces más tolerante a lindano respecto a la de Zacatepec.

No existe traslape entre los valores de los límites fiduciales al 95 % por lo que estadísticamente dichas poblaciones en cuanto a la respuesta al tóxico son diferentes.

La toxicidad comparativa en ambas poblaciones indica que los insectos de Celaya, Gto., han desarrollado o manifestado una mayor capacidad de resistir el efecto tóxico del lindano.

Considerando la posición de las líneas de respuesta dosis mortalidad (figura 10) y de acuerdo al valor de la pendiente, la respuesta más homogénea la presentó la colonia de Celaya, con un valor de pendiente igual a 2.83, la de Zacatepec tuvo la respuesta más heterogénea con un valor de la pendiente de 2.53.

Los niveles de tolerancia hacia lindano en los gorgojos de Celaya, pueden considerarse preocupantes ya que la tendencia presentada incrementa la posibilidad de desarrollar niveles importantes de resistencia hacia este tóxico.

#### 4.5.5. DDT

En el cuadro 16 se presentan los valores de las  $DL_{50}$ , sus límites de confianza o límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y la proporción de resistencia para DDT en los gorgojos pintos del frijol, procedentes de las dos localidades estudiadas, siendo la población más susceptible para este insecticida la procedente de Zacatepec, con un valor de la dosis letal media de 0.0037  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , mientras que la de Celaya tuvo un valor de  $DL_{50}$  de 0.011  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ .

El valor de la proporción de resistencia para la población de Celaya fue 2.97X, lo que indica las veces que es más tolerante a DDT comparativamente con la toxicidad que presentó a nivel de  $DL_{50}$  en la población de Zacatepec.

Los valores de los límites fiduciales al 95 % indican que no hay traslape entre ellos para ambas poblaciones por lo que estadísticamente dichas poblaciones difieren en su respuesta hacia este producto.

En la figura 11 se presentan las líneas de respuesta dosis mortalidad a DDT para los adultos estudiados de *Z. subfasciatus*. En ella se observa que este insecticida fue notoriamente más tóxico para la población de Zacatepec y menor para la de Celaya, como lo señala el valor de la proporción de resistencia. De acuerdo al valor de la pendiente la población de Celaya presentó la respuesta más homogénea (2.83) y por consiguiente la respuesta

Cuadro 15. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia para lindano, en dos poblaciones de adultos de Z. subfasciatus Boh. CEBAJ, 1992.

LOCALIDAD	$DL_{50}$ * $\mu$ g/INSECTO	LIMITES FIDUCIALES	ECUACION DE REGRESION	PROPORCION DE RESISTENCIA **
Zacatepec, Mor.	0.0013	(0.011 - 0.0016)	$Y = 12.2 + 2.5X$	
Celaya, Gto.	0.02	(0.0173 - 0.0232)	$Y = 9.8 + 2.8X$	15.38X

\* Valor expresado en microgramos por insecto.

\*\* Resultado de dividir la  $DL_{50}$  de la población de Celaya, Gto. sobre la  $DL_{50}$  de la colonia de Zacatepec, Mor.

Cuadro 16. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%, ecuación de regresión y proporción de resistencia para ODT, en dos poblaciones de adultos de Z. subfasciatus Boh. CEBAJ, 1992.

LOCALIDAD	$DL_{50}$ * $\mu$ g/INSECTO	LIMITES FIDUCIALES	ECUACION DE REGRESION	PROPORCION DE RESISTENCIA **
Zacatepec, Mor	0.0037	(0.0028 - 0.0048)	$Y = 8.38 + 1.39X$	
Celaya, Gto.	0.011	(0.0089 - 0.00136)	$Y = 8.29 + 1.68X$	2.97X

$\mu$ g/insecto

\*\* Resultado de dividir la  $DL_{50}$  de la población de Celaya sobre la  $DL_{50}$  de la población de Zacatepec.

1. ◇ Zacatepec, Morelos.  
 2. ◆ Celaya, Guanajuato.

$$Y = 12.25 + 2.53X$$

$$Y = 9.81 + 2.83X$$

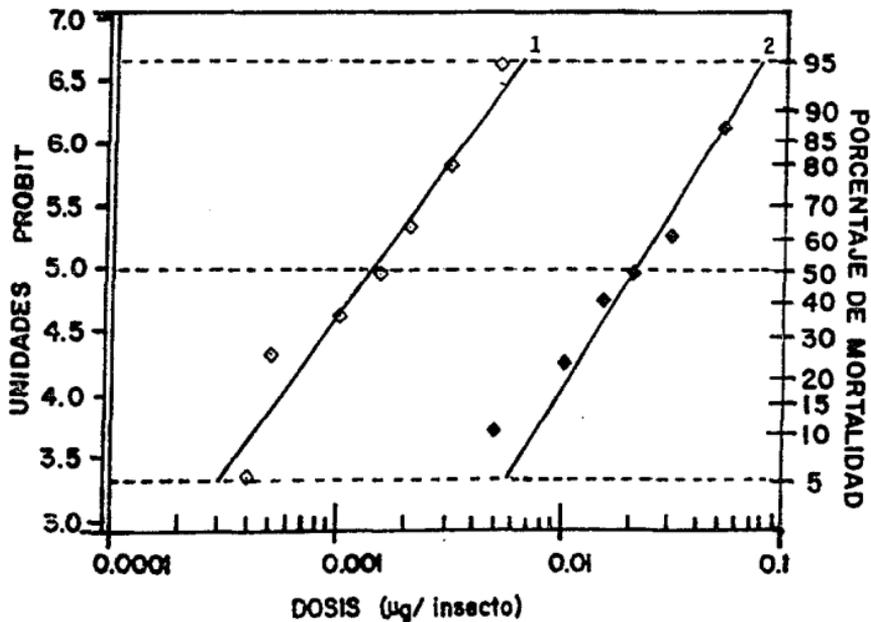


Figura 10. Líneas de respuesta dosis-mortalidad a lindano en adultos de Zabrotes subfasciatus (Boh.). CEBAJ. 1992.

1. ○ Zacatepec, Morelos.  
 2. ● Celaya, Guanajuato.

$$Y = 8.38 + 1.39X$$

$$Y = 8.29 + 1.68X$$

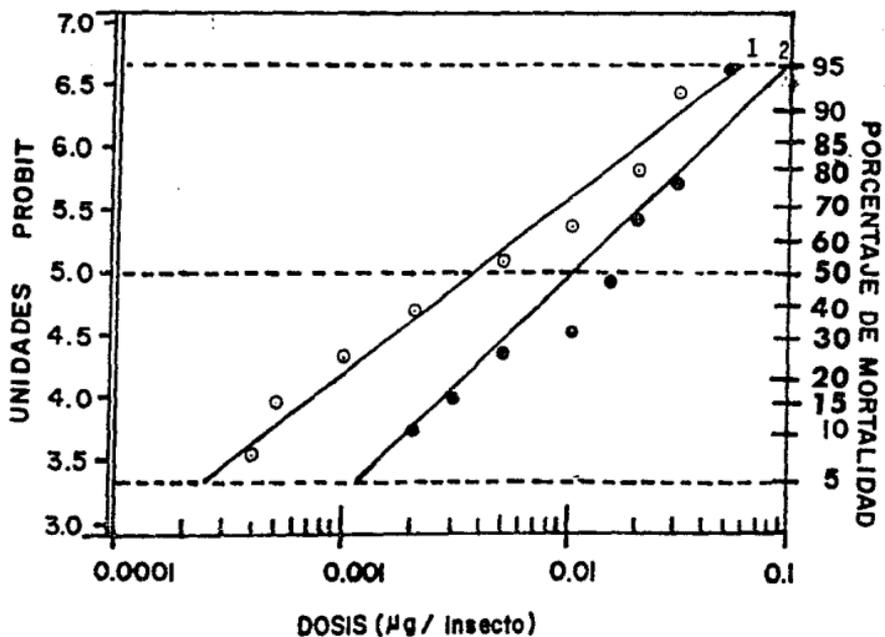


Figura 11. Líneas de respuesta dosis-mortalidad a DDT en adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). CEBAJ. 1992.

más heterogénea con un valor de la pendiente de 1.39 fue la de Zacatepec, Mor.

En resumen los cinco insecticidas que se utilizaron fueron más tóxicos para la población de gorgojos procedente de Zacatepec, Mor., y menos tóxico para la de Celaya, Gto. Aunque hubo diferencias en cuanto a toxicidad a nivel de la  $DL_{50}$  en ambas poblaciones, sólo para algunos insecticidas ésta fue significativa; tal es el caso de malatión, lindano y DDT.

Con respecto a deltametrina y a pirimifós metílico, y no obstante que la colonia de Zacatepec fue más susceptible a este tóxico, las diferencias en cuanto a la dosis letal media son mínimas y los límites fiduciales al 95 % se traslapan, por tanto estadísticamente no hay diferencia en cuanto a toxicidad de cada producto para las dos poblaciones; es decir, que estas son igualmente susceptibles.

La mayor diferencia en toxicidad para las dos poblaciones de Z. subfasciatus se observaron con el lindano; esta fue de 15.38X.

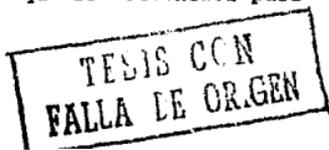
#### 4.6. Comparación de los datos obtenidos con los reportados para otras poblaciones de Z. subfasciatus.

Para poder saber si una población ha desarrollado resistencia contra algún plaguicida en particular, es necesario comparar la  $DL_{50}$  obtenida de una población contra la  $DL_{50}$  de otra población que este reconocida como susceptible, además esta comparación tendrá que hacerse con la misma especie de insecto, siempre y cuando el método de bioensayo utilizado sea el mismo en los dos trabajos y el valor de la  $DL_{50}$  este expresado en las mismas unidades, de esta forma se puede calcular la proporción de resistencia de una población respecto a la otra.

Para determinar los niveles de susceptibilidad en las poblaciones del gorgojo pinto del frijol empleadas en este trabajo, se comparó los valores de la  $DL_{50}$  ( $\mu\text{g}/\text{insecto}$ ) obtenidas y se calculó la proporción de resistencia tomando como punto de comparación las  $DL_{50}$  reportadas en trabajos similares para esta especie de insecto. Dada la escasa existencia de información al respecto, sólo se compararon los datos obtenidos con los resultados propuestos como líneas base de comparación que Arenas y Sánchez (1989) obtuvieron para pirimifós metílico, malatión, lindano y DDT en una población de Z. subfasciatus en Chapingo, México.

Bajo este punto de referencia de susceptibilidad se determinó que las poblaciones estudiadas en el presente trabajo son más susceptibles hacia estos productos de acuerdo a la dosis letal media, excepto la población de Celaya para lindano.

En cuanto a la toxicidad comparativa los valores de la  $DL_{50}$  de la colonia de Chapingo fueron mayores que los obtenidos para



las poblaciones estudiadas en este trabajo, excepto para lindano de la población de Celaya. Los valores intermedios correspondieron para esta última colonia y los más bajos para la de Zacatepec, misma que resultó ser la más susceptible de las tres colonias; por tanto sus valores de  $DL_{50}$  se proponen como nuevas líneas base de comparación, ya que viene a ser el punto de referencia de susceptibilidad conocida, más bajo.

De acuerdo al cuadro 17 el cual indica la  $DL_{50}$ , límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia de cuatro insecticidas en tres poblaciones de *Z. subfasciatus* se observa que la población procedente de Chapingo según la dosis letal media, determinada por Arenas y Sánchez, es más tolerante hacia pirimifós metílico, malatión y DDT que las poblaciones de Celaya y Zacatepec. En ese orden le siguió la colonia de Celaya, y por último la de Zacatepec, que fue la más susceptible.

La proporción de resistencia respectiva a pirimifós metílico indica que la población de Chapingo Edo. de México y la de Celaya, Gto., en ese mismo orden son 16.52X y 1.26X veces más tolerantes respectivamente a éste insecticida que la población de Zacatepec, Mor. En éste mismo orden de localidad, le siguió malatión y DDT siendo la P.R. 10.56X y 2.12X para el primero y de 3.26X y 2.97X veces más tolerante para el segundo con respecto a la población de Zacatepec, Morelos.

Con respecto a lindano la población de Celaya y Chapingo resultaron ser más tolerantes al tóxico (15.38X y 2.23X) veces más que la de Zacatepec; misma que resultó ser la más susceptible a los cinco insecticidas utilizados.

Los valores de la  $DL_{50}$  correspondientes a la población de Zacatepec, y para los insecticidas pirimifós metílico (0.00023), malatión (0.0016), DDT (0.0037), lindano (0.0013) y deltametrina (0.000015  $\mu\text{g}/\text{insecto}$  respectivamente), determinados en el presente trabajo se proponen como líneas base para éstos insecticidas en futuros trabajos de este tipo con ésta especie de insecto, para que sirvan como punto de referencia ya que a nivel de  $DL_{50}$  son menores que los propuestos por Arenas y Sánchez en 1989, como líneas base para estudios de resistencia.

Debido a la falta de información de este tipo en nuestro país, en el cuadro 18 se presentan los valores de las  $DL_{50}$ , sus límites fiduciales,  $DL_{95}$ , ecuación de regresión y las localidades de las poblaciones más susceptibles a los cinco insecticidas evaluados en este trabajo y los determinados por Arenas y Sánchez en 1989.

Por último, Tyler y Evans (1981), reportan resistencia para lindano en México, Uganda y Colombia. Para la población de México (Tepalcatingo, Morelos) indican los valores de la  $DL_{50}$  (cuadro 3), sin embargo éstas fueron obtenidas por medio del método de dosis discriminatorias con exposición al tóxico sobre papel filtro impregnado por lo que no se toman como puntos comparativos con los obtenidos por medio de aplicación tópica; sin embargo, como referencia a nivel de la  $DL_{50}$  (0.215%), el factor de resistencia en comparación con la población susceptible (San Marco Carazo, Nicaragua) fue de 13.5 %.

Evans (1985), también reporta resistencia hacia lindano, pero no menciona los valores de la dosis letal media, proporción de resistencia, ni población susceptible como línea base de comparación.

Cuadro 17. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95 %, ecuación de regresión y proporción de resistencia de cuatro insecticidas sobre *Z. subfasciatus* Boh. de tres localidades de México. CEBAJ, 1992.

Insecticida	Localidad	$DL_{50}^a$	Límites fiduciales al 95%	Ecuación de regresión	Proporción de resistencia
pirimifós metílico	Zacatepec, Mor.	0.00023	(0.00019 - 0.00026)	$Y = 14.27 + 2.54X$	
	Celaya, Gto.	0.00029	(0.00024 - 0.00034)	$Y = 13.36 + 2.36X$	1.26X
	Chapingo, Méx.**	0.0038	(0.0024 - 0.0050)	$Y = 9.06 + 1.68X$	16.52X
Malatión	Zacatepec, Mor.	0.0016	(0.0014 - 0.0019)	$Y = 11.89 + 2.47X$	
	Celaya, Gto.	0.0034	(0.0029 - 0.0039)	$Y = 12.32 + 2.96X$	2.12X
	Chapingo, Méx.**	0.0169	(0.0127 - 0.0221)	$Y = 7.86 + 1.62X$	10.56X
Lindano	Zacatepec, Mor.	0.0013	(0.0011 - 0.0016)	$Y = 12.25 + 2.53X$	
	Chapingo, Méx.**	0.0029	(0.0018 - 0.0051)	$Y = 9.80 + 1.90X$	2.23X
	Celaya, Gto.	0.020	(0.0173 - 0.0232)	$Y = 9.81 + 2.83X$	15.38X
DDT	Zacatepec, Mor.	0.0037	(0.0028 - 0.0048)	$Y = 8.38 + 1.39X$	
	Celaya, Gto.	0.0110	(0.0089 - 0.0136)	$Y = 8.29 + 1.60X$	2.97X
	Chapingo, Méx.**	0.0132	(0.0040 - 0.0410)	$Y = 6.37 + 0.73X$	3.56X

<sup>a</sup> = µg/insecto.

\*\* = Determinada por Arenas y Sánchez (1989).

Cuadro 18. Valores de la  $DL_{50}$ , y sus límites fiduciales al 95%,  $DL_{95}$  y ecuación de regresión de la línea logaritmo-dosis-mortalidad de las poblaciones de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Boh., más susceptibles hacia los cinco insecticidas utilizados en este estudio. CENAJ, 1992.

Localidad	Estado	Insecticida	$DL_{50}^*$	Límites fiduciales al 95%	$DL_{95}^*$	Ecuación de regresión
Zacatepec	Morelos	Deltametrina	0.00015	(0.00013-0.00017)	0.00051	$Y=20.17+3.15X$
Celaya	Guanajuato	Deltametrina	0.00019	(0.00016-0.00021)	0.00067	$Y=18.97+2.95X$
Zacatepec	Morelos	P. metílico	0.00023	(0.00019-0.00026)	0.001	$Y=14.27+2.54X$
Celaya	Guanajuato	P. metílico	0.00029	(0.00024-0.00034)	0.0014	$Y=13.36+2.36X$
Chapíngo**	México	P. metílico	0.0038	(0.0024-0.0060)	-----	$Y=9.06+1.68X$
Zacatepec	Morelos	Malatión	0.0016	(0.0014-0.0019)	0.0076	$Y=11.89+2.47X$
Celaya	Guanajuato	Malatión	0.0034	(0.0029-0.0039)	0.0121	$Y=12.32+2.96X$
Chapíngo**	México	Malatión	0.0169	(0.0127-0.0221)	-----	$Y=7.86+1.62X$
Zacatepec	Morelos	Lindano	0.0013	(0.0011-0.0016)	0.006	$Y=12.25+2.33X$
Chapíngo**	México	Lindano	0.0029	(0.0018-0.0051)	-----	$Y=9.80+1.90X$
Celaya	Guanajuato	Lindano	0.020	(0.0173-0.0232)	0.0762	$Y=9.81+2.83X$
Zacatepec	Morelos	DDT	0.0037	(0.0028-0.0048)	0.0556	$Y=8.38+1.39X$
Celaya	Guanajuato	DDT	0.0110	(0.0089-0.0136)	0.0762	$Y=8.29+1.68X$
Chapíngo**	México	DDT	0.0132	(0.0040-0.0410)	-----	$Y=6.37+0.73X$

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

\*\* = Determinada por Arenas y Sánchez (1989).

### 5. CONCLUSIONES

1. El insecticida más tóxico para las dos poblaciones estudiadas del gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* fue la deltametrina (PIR), seguida por pirimifós metílico (FH-SM), malatión (F-Cx), lindano (OC-Be) y por último DDT (OC-DDT).
2. Los adultos del gorgojo pinto del frijol procedentes de las dos localidades resultaron susceptibles a deltametrina y a pirimifós metílico.
3. La población más susceptible a malatión fue la de Zacatepec, Mor., mientras que la procedente de Celaya, Gto., fue 2.12X veces más tolerante que la primera.
4. Los valores de la  $DL_{50}$  para lindano indican que la población de Zacatepec, Mor., fue la más susceptible a este producto, y que la colonia de Celaya, Gto., ha desarrollado niveles importantes de resistencia (15.38X).
5. La población de Zacatepec, Mor., fue la más susceptible a DDT, mientras que la procedente de Celaya ha desarrollado un cierto grado de tolerancia (2.97X).
6. Los valores de la  $DL_{50}$  obtenidos para los insecticidas, pirimifós metílico, malatión, lindano y DDT de la población procedente de Zacatepec, Mor., resultaron más bajos que los obtenidos por Arenas y Sánchez (1989), para los mismos insecticidas en una población de Chapingo, Méx. (propuestos como líneas base de comparación para estudios de resistencia).
7. Con base a lo anterior se propone como nuevas líneas base de comparación para posteriores estudios de resistencia en *Z. subfasciatus* Boh., los siguientes valores de la  $DL_{50}$  obtenidos para la población procedente de Zacatepec, Mor., pirimifós metílico 0.00023, malatión 0.0016, lindano 0.0013, DDT 0.0037  $\mu\text{g}/\text{insecto}$  y deltametrina con 0.000019  $\mu\text{g}/\text{insecto}$ , quienes resultaron ser más susceptibles comparados con el punto de referencia de susceptibilidad conocida más bajo.
8. El monitoreo de la evolución de la resistencia en *Z. subfasciatus* y el uso de métodos alternos de control se consideran importantes instrumentos técnicos para hacer un uso más racional de los insecticidas y retrasar efectos de resistencia a los insecticidas utilizados contra esta plaga y que aún siguen siendo efectivos.
9. La información de este trabajo no implica recomendación alguna, de los productos empleados, pues este tipo de investigación se utiliza en estudios sobre manejo de

**insecticidas; por lo que solo se pueden tomar como puntos de referencia para orientar las dosis de aplicación en estudios posteriores de resistencia para los insecticidas y poblaciones de insectos utilizadas en el presente estudio.**

## 6. LITERATURA CITADA

- Abbot, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of insecticide. J. Econ. Entomol. 18:256-267.
- Agosin, M., D. Michaeli, R. Miskus, S. Nagasawa and W.M. Hoskins. 1961. A new DDT-metabolizing enzyme in the German cockroach. J. Econ. Entomol. 54:230.
- Aguilera, P.M. 1992. La resistencia genética de granos básicos como método de combate de insectos de almacén. IV Simposio nacional sobre problemas entomológicos de granos almacenados. S.M.E. p. 33-44.
- Airton de O.L. 1987. Armazenagen de graos no Brasil un enfoque panorámico. Revista Postcosecha, año 5, núm. 8 1988.
- Andrews, K.L. Quezada, R, J. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Departamento de protección vegetal. Escuela agrícola panamericana. El Zamorano, Honduras Centroamérica. p.530-536.
- A.N.D.S.A. 1978. Insectos de granos almacenados. Depto. de almacenes y conservación. Subjefatura de laboratorios. En: Manual de procedimientos de muestreo y análisis de granos y semillas.
- A.N.D.S.A. 1979. Manual de procedimientos de muestreo y análisis de granos y semillas. Editado por Almacenes Nacionales de Depósito S.A. México. p.1-16.
- Arcos C, G. 1989. Métodos para evitar el ataque de Zabrotes subfasciatus (Boheman) (Coleóptera: Bruchidae) en frijol almacenado en San Andrés Tuxtla, Veracruz. Resúmenes de XXIV Congreso Nacional de Entomología. Oaxtepec. Morelos. México. p.306.
- Arellano L., Ma. Del Socorro. 1990. Susceptibilidad a insecticidas en la palomilla dorso de diamante Plutella xylostella L. (Coleoptera:Yponomeutidae) procedente de Chapingo, y dos localidades de la región hortícola del bajío, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Arenas, L.C. y H. Sánchez. 1989. Toxicidad de insecticidas aplicados tópicamente a Acanthoscelides obtectus (Say) y Zabrotes subfasciatus (Boheman), (Coleóptera: Bruchidae) plagas del frijol almacenado. Resúmenes del XXIV Congreso Nacional de Entomología (S.M.E.) Oaxtepec, Mor. México. p.352.

- Arenas, L.C. y H. Sánchez. 1991. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de Sitophilus zeamais Motsch. y Prostephanus truncatus Horn, plagas del maíz en almacén, y Acanthoscelides obtectus Say, y Zabrotes subfasciatus Boheman, plagas del frijol en almacén. Memorias del III Simposio sobre problemas entomológicos de granos almacenados. (S.M.E.). Veracruz, Ver. México. p.121-140.
- Arriaz, F.R. y Leva G.F. y Noriega C.O. 1992. Metodología de la investigación para el control físico de insectos en granos almacenados. Memorias del IV Simposio sobre problemas entomológicos de granos almacenados. (S.M.E.). S.L.P. México. p.45-50.
- Barreto B., A; Bertoldo N. G. ; y Caetano W. 1983. Efecto de insecticidas, material inerte y aceite comestible en el control del gorgojo del frijol Acanthoscelides obtectus. Porto Alegre Brasil. En: Res. Anals. sobre Frijol. Vol. XI N°. 1 abril 1986. p. 169.
- Bautista R., J. E. 1988. Tasas de reproducción de Zabrotes subfasciatus en diferentes variedades de frijol Phaseolus vulgaris L. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología agrícola. Universidad autónoma chapingo. Chapingo, Méx. 63 p.
- Beck S., D. 1965. Resistance of plant to insects. Ann. Rev. Entomol. 10: 207-232.
- Borboa, F.J., Wong C., M.O.Cortez R., R.I. Sánchez M. y T.R. Rentería G. 1991. Susceptibilidad de 15 variedades de frijol Phaseolus ssp. al daño ocasionado por el gorgojo pinto Zabrotes subfasciatus (Boheman) (Coleóptera:Bruchidae) almacenado bajo condiciones controladas. p. 233-269. En: Memoria del III Simposio sobre problemas Entomológicos de Granos almacenados. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver. México. 19-22 de Mayo de 1991.
- Borboa F., J., Topete H.,M. 1992. Preferencia de Zabrotes subfasciatus (Boh.) (Coleóptera: Bruchidae) en variedades de frijol y su interrelación química y bioquímica. CCI-Alimentos, Universidad de Sonora. p. 437.
- Brattsten, L.B. 1979. Biochemical defense in herbivores against plant allelochemicals. In: Herbivores their interactions with secondary plants metabolites. G.A. Rosenthal and D.A. Jansen (Eds.). Academic York. pp. 199-270.
- Broks, G.T. 1974. Chlorinated insecticides. Vol. II. C.R.C. Press Cleveland. 250 p.

- Cardona, C. y J. Kornegay. 1990. Uso de *Phaseolus vulgaris* silvestres para mejorar frijol por resistencia a brúquidos. En mimeógrafo.
- Cambell, J.R., Penner. D. 1982. Enhanced phytotoxicity of betazon with organophosphate and carbamate insecticides. *Weed Science* 30 (3): 324-326. *Ingl.*, Res. Anals. del Frijol. Vol. VIII N<sup>o</sup>. 2 Agosto 1983.
- Cartin, L.V.A. 1979. Influencia del cultivar y del tiempo de almacenamiento del (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el ataque de *Acanthoscelides obtectus* (Boh) (Coleóptera: Bruchidae) Tesis profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 58 p.
- Castro G.,M. 1969. Principales plagas que atacan los granos almacenados. seminario Primavera. 1969. Rama de Entomología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 16 p.
- CENICCANDSA. 1991. Folleto técnico en conservación de granos. ANDSA. Año 2, núm. 1 p 1-45.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1986. Guía de Estudio. Principales insectos que atacan el frijol almacenado y su control. Cali, Colombia. 32 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1987. Annual Report. Cali, Colombia. p 96-117.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988. frijoles silvestres, fuente de resistencia a brúchidos. 7(1): 6-8.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988. Informe anual. Cali, Colombia.
- Chakraborty, S.K. and Ghose. S.K. 1988. Efficacy of some plant materials against the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L) (Curculionidae: Coleoptera) *Environ. Ecol.* 6(4): 833-839.
- Champ, B.R. y C.E. Dyte. 1976. Informe de la prospección mundial de la F.A.O. sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia. 336 p.
- Cohen, C.A. 1978. The role of glutathion transferases in arthropod resistance. Report Arthropod Resistance to Toxicagents. Univ. Calif. Riverside. pp. 1-6.
- Cortez R.M.O. Sánchez M.R.I y Borboa P.J. 1992. Utilización de Plantas para el Control de Insectos en Granos Almacenados. En: IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. S.M.E. p. 51-57.

- Cuevas, S.M., Romero, N.C. y García, M.J. 1990. Utilización del Chicalote Argemone mexicana (papaveraceae), como una alternativa para el control del gorgojo pinto del frijol Zabrotes subfasciatus. En: Memorias del II Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Oaxaca, Oax. Méx. pp.310
- Cotton, R.T. 1979. Silos y Graneros, plagas y Desinfestación. Nueva enciclopedia de Agricultura. Trad. Pedro Camps Llunell. Edit. Oikos tav, S.A. Barcelona España. 328 p.
- Dauterman, W.C. 1983. Role of hydrolases and glutathione S-transferases in insecticide resistance. In: Pest resistance to pesticides. Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Plenum Press. New York. pp. 229-247.
- Davies, J.C. 1972. A note on occurrence of Zabrotes subfasciatus (Boh) (Coleoptera:Bruchidae) on legumes in Uganda. East African Agric. and For. J. 37(4): 294-299.
- De los Santos R.,F. 1988. La testa del grano del frijol de la variedad Canario 107 como defensa al ataque del gorgojo común Acanthoscelides obtectus (Say) (Coleoptera:Bruchidae). Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 37 p. En prensa.
- DDR-095-1989. Distrito de Desarrollo Rural S.A.R.H.
- Dobie, P. y Gatehouse, M. 1990. New sources of resistance to Acanthoscelides obtectus y Zabrotes subfasciatus in mature seeds of five species of Phaseolus. J. Stored Prod. Res. Vol. 26. No. 4 pp. 77-186.
- Don Pedro, K.N. 1989. Mechanism of action of some vegetable oils against Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: curculionidae) on wheat. J. Stored Prod. Res. 25(4): 217-223.
- Dyte, C.E. and Forster, R. 1970. Insecticide resistance. Lindane resistance in groundnut borer. Pest Infest. Res. 1969, 43.
- Eden, W.G. 1952. Effect of Kernel characteristics and components of husk cover on rice weevil damage to corn. J. Econ. Entomol. 45:1048-1085.
- El Achkar, H.Ma. N. 1991. Determinación de la resistencia de cuatro líneas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) al gorgojo Zabrotes subfasciatus (Boh). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 69 p.
- Espín, R.H. 1988. Pruebas de mortalidad y residualidad de lindano y malatión en dos especies de brúquidos de granos almacenados. Resúmenes del XXIII Congreso Nacional de

- Entomología (SME). Morelia, Mich. México. p. 353.
- Evans, J. N. 1985. The effectiveness of various insecticides on some resistant beetle pest of stored products from Uganda. *J. Stored Prod. Res.* Vol. 21, No. 2, pp. 105-109.
- F.A.O. 1969. Métodos recomendados para la detección y la medición de la resistencia de plagas agrícolas a los plaguicidas. *Boletín Fitosanitario de la FAO.* Vol. 17, No. 2: 76-82.
- Finney, D.J. 1977. *Probit analysis.* Cambridge Univ. Press. 333 p.
- Flores V., M. 1977. Distribución de los insectos de almacén en México. En: *Memorias del V Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, México.* p. 141-166.
- Fukami, J., T.S. Shishido, K. Fukunaga, and J.E. Casida. 1969. Oxidative metabolism of rotenone in mammals, fish and insects and its relation to selective toxicity. *J. Agr. Food. Chem.* 17: 1217.
- Fu, C.A.A. 1988. Susceptibilidad Diferencial a Insecticidas entre los Instares Larvales y Adultos de la Conchuela del Frijol *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología, Chapingo, México. 111 p.
- Georghiou, G.P. 1965. Genetic studies on insecticides resistance. *Adv. Pert. Control, Res.* 6: 171-230.
- Georghiou, G.P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. *Ann. Rev. Ecol. System.* 3: 133-168.
- Georghiou, G.P. y Lagunes, T.A. 1988. The occurrence of resistance to agents of chemical control in arthropods. An index of cases reported through 1987. FAO (En Prensa). 296 p.
- Golob, P. y Kilminster, A. 1982. The biology and control of *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera: Bruchidae) infesting red kidney beans. *J. Stored Prod. Res.* 8 (3): 95-101.
- González V.: Rocha R: Simanca E. 1984. Capacidad de infestación y emergencia de *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera: Bruchidae) plaga de granos almacenados. *Centro Agrícola Cuba.* 11 (3): 111-118.
- González V., M., R. Roche y M.E. Simanca. 1985. Capacidad de infestación y emergencia del coleóptero *Zabrotes subfasciatus*, plaga de granos almacenados. *Ciencias de la Agricultura* 23: 31-37.
- Graige, M., S. Ashmed., W.C. Mitchel and J.W. Hylin. 1985. Plant species reportedly possessing pest control properties: An

EWC/UH database. Resource Systems Institute. University of Hawaii. 16 p.

- Grow, J.F. 1957. Genetics of insects resistance to chemicals. Ann. Rev. Entomol. 2: 227-247.
- Gutiérrez D.J. 1987. El granero subterráneo "Ejido Juan Jacobo Torres" como almacén de maíz y frijol para el medio rural de la República Mexicana. En: Memorias del Encuentro Latinoamericano sobre Almacenamiento y Conservación de Granos Básicos. Editado por CONASUPO. México. p. 109-116.
- Gutiérrez D.L.J. y R.J. Sánchez. 1989. Distribución de los insectos que dañan los productos almacenados en algunas localidades de la República Mexicana. Ier. Simposio sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. XXIV Congreso Nacional de Entomología. p. 57-90.
- Gutiérrez D.L.J. 1992. Aspectos sobre Taxonomía de las Plagas de los Granos Almacenados en México. IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. (SME) p. 90-113.
- Hamma, H., and T. Iwata. 1971. Insensitive cholinesterase in the Nakagawara starin for the green rice leafhopper, Nephotettix cincticeps Uhler (Homoptera: Cicadellidae) as cause of resistance to carbamate insecticides. Appl. Entomol. Zool. 6: 183.
- Hartley, G.S. and Graham-Bryce. 1980. Physical principles of pesticide behavior. Academic Press. pp. 658-697.
- Hill, J. y Schoonhoven, A.V. 1981. Effectiveness of Vegetable Oil Fractions in Controlling the Mexican Bean Weevil on Stored Beans. Journal of Entomology, 79 (9): 478-479.
- Hobert, E. 1980. Tipos y clasificación de la resistencia. pp: 35-43. En: Maxwell, F.GI y P.R. Jennings. 1980. Mejoramiento de plantas Resistentes a Insectos. Limusa. México 696 p.
- Holden, J.S. 1979. Absortion and metabolism of permethrin and cypermethrin in the cockroach and cotton leafworm larvae. Pestic. Sci. 1094: 295-307.
- Horber, E. 1983. Principles, problems, progress and potential in host resistance to stored grain insects. p 36. In: Third International Working Conference on Stored-Product Entomology. Octubre 23-28. 1983. Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.
- Howe, R.W. and Currie, J. E. 1964. Some laboratory observation on rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae beeding in stored pulses. Bull. Entoml. Res. 55 (3): 437-477.

- Ibarra R.J.E. 1992. Utilización de Entomopatógenos para el control de Insectos de Almacén. IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. (SME) San Luis Potosí, S.L.P. México. p. 67-73.
- I.N.I.A-S.A.G. 1964. Enfermedades y plagas del frijol en México. Folleto técnico. p. 35-37.
- Ivbijaro, M.F. 1984. Groundnut oils as protectant of maize from damage by the grain weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. *Protection Ecol.* 6(4): 267-270.
- Ivbijaro, M.F., G. Ligan y A. Youdeowi. 1985. Control of rice weevils *Sitophilus oryzae* (L), in stored maize with vegetable oils. *Agri. Ecosyst. Environ.* 14(3-4): 237-242.
- Iwata, T., and H. Hama. 1972. Insensitivity of cholinesterases in *Nephotettix cincticeps* resistant to carbamate and organophosphorus insecticides. *J. Econ. Entomol.* 65: 463.
- Jakobi, W.B., J.N. Ketley, and W.H. Habig. 1976. Rat glutathione S-transferases: Biding and physical properties. In: *Glutathion metabolism and function*. Arias, I.M., and W.B. Jakobi Eds.). Raven Press. New York. pp. 213-223.
- Janzen, D.H., H.B. Juster y I.E. Liener. 1976. insecticidal action of the phytohemaglutinin in black beans on a bruchidae beetle. *Science* 192(424): 795-796.
- Krieger, R.I., P.P. Feeny and C.F. Wilkinson. 1971. Detoxification in the guts of caterpillars: An evolutionary answer to plants defenses. *Science.* 172-579.
- Lagunes T., A. 1982. Manejo de insecticidas piretroides. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 29 p.
- Lagunes T., A. 1985. Perspectivas en el uso de insecticidas agrícolas en México. En: *Temas selectos sobre manejo de insecticidas agrícolas*. Vol. I. Lagunes T.A. y J.C.
- Rodríguez M. (Eds.). Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados, Chapingo; Sociedad Mexicana de Entomología. CONACYT. México. pp. 1-20.
- Lagunes T., A; Arenas L, C; y Rodríguez R, C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Colegio de Postgraduados. Chapingo Méx. 204 p.
- Lagunes T.A. y Rodríguez H.C. 1989. Informe final del proyecto "Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas de maíz y frijol almacenado en condiciones rústicas". CONACYT-CP. Chapingo, México. 150 p.

- Lagunes T.A. y Rodríguez M.J. 1989. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas. Colegio de Postgraduados. Aniversario 1959-1989. Chapingo-Montecillo. p. 228.
- Le' Patourel, G.N.J.; M. Shawir y F.I. Moustafa. 1988. Accumulation of mineral dust from wheat by *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 25(2): 65-72.
- Lépez I. 1982. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del frijol. SARH. México. Publicación Especial No. 83.
- López, A. Ma. del S. 1990. Susceptibilidad a insecticidas en la Palomilla Dorso de Diamante *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) procedente de Chapingo y dos localidades de la Región Hortícola del Bajío, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Montecillos, México. 112 p.
- Loya R., J. 1977. Efecto de los rayos gamma sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) y algunas observaciones sobre su comportamiento biológico. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 40 p.
- Luna, L.C. y Evangelista C.F. 1992. Infestación del frijol *Phaseolus vulgaris* L. en el campo por plagas de granos almacenados en Iguala, Gro. Escuela Superior de Agricultura de la Universidad Autónoma de Guerrero. pp. 249.
- Marin J., A. 1980. Estimación de la preferencia del gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) en ocho variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Morelos. 55 p.
- Markham, R.H. 1990. The role of quantitative ecology and systems analysis in the biological control of larger grain borer. In: Biological control of the larger grain borer. Proceedings of an IITA/FAO coordination meeting, Cotonov, Republic of Benin, 2-3 June 1989. R.H. Markham and H.R. Herron (Eds.) 35-50. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture.
- Markham H.R. 1992. Control biológico en Granos Almacenados: Metodologías de la Investigación. IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. (SME) San Luis Potosí, S.L.P. México. p. 58-67.
- Martínez G., M. 1988. Influencia de la humedad del grano en la variación de la susceptibilidad de dos variedades de frijol al ataque de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera:

Bruchidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 46 p.

- Matsumura, F., and A.W.A. Brown. 1961. Biochemistry of malation resistance in Culex tarsalis. J. Econ. Entomol. 54: 1176.
- Mensuan, H. 1935. Effects of constant light, temperature and humidity on the rate and total amount of oviposition of the bean weevil, Bruchus obtectus Say. J. Econ. Entomol. 28(2): 448-453.
- Metwally, M.M., A.S. Abdel-Salam and S'le. Ahmed. 1983. The susceptibility of different pulse grains to bruchid infestation. III. Effect of physical and chemical factors. p. 41. En: Third International Working Conference on Stored-Product Entomology. Octubre 23-28. 1983. Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.
- Miller, T.A., V.L. Salgado, and N.S. Irving. 1983. The kdr factor in the pyrethroid resistance. In: Pest Resistance to Pesticides. Georgioulou, G.P. and T. Saito (Eds.) Plenum Press. New York. pp. 353-356.
- Mills, R.B. 1972. Host plant resistance applied to stored-product insecto. Proc. North Cent. Branch Entomol Soc. Amer. 27: 106-107.
- Mohanty, K.K., D.P. Chakraborty and S. Roy. 1988. Toxicity of soil fraction of the seeds of some leguminous plants against stored grain pest. Environ. Ecol. 6(2): 344-354.
- Moreno M. E. 1987. El papel de los Hongos de Almacén en la Conservación de granos y semillas. En: Rev. Poscosecha. 5(7): 20-25.
- Nakatsugawa, T., and M.A. Morelli. 1976. Microsomal oxidation and insecticide metabolism. In: Insecticide Biochemistry and Physiology. Wilkinson, C.F. (Eds.). Plenum Press. New York. pp. 61-114.
- Oppenoorth., F.J., and W. Welling. 1976. Biochemistry and physiology of resistance. In: Insecticide Biochemistry and Physiology. Wilkinson, C.F. (Ed). Plenum Press. New York. pp. 507-554.
- Ortega, R. 1985. Influencia de la Temperatura, Humedad Relativa y Tiempo sobre las propiedades fisicoquímicas del frijol pinto Phaseolus vulgaris (L.) Var. VI-III Durante el almacenamiento. Tesis. Universidad de Sonora.
- Ortega A., L. 1987. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del gorgojo pardo del frijol A. obtectus (Say) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado. Tesis de

- Ortiz C., A. 1983. Utilización del metil pirimifós en la conservación de granos almacenados. En: Memorias del Coloquio Internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados. Oaxtepec Mor. Méx. Ed. Instituto de Biología UNAM. p. 52-86.
- Osborn T.C., Burrow M. and Blis F.A. 1988. Purification and characteristics of Arcelin seed protein from common bean. *Plant physiol.* 86, 399-405.
- Osmus, J.V. 1985. Insecto pest managment and control. In: Insecto managment for kood storage and processing. By F.L. Baur. ed. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, Minnesota. pp. 15-24.
- Ospina O., H. 1981. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 29 p.
- Osuji, F. 1985. Outlines of stored products entomology for the tropics. Fourth dimension publishers. p. 91-92.
- Ouye M.T. 1985. An overview of post harvest insecto research performed by USDA, ARS laboratories. In: Insecto managment for food storage an processing. by F.J. Baur. ed. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, Minnesota. pp. 201-224.
- Pabón R., I., C. J. Aguirre y J. Reyes. 1976. Resistencia de diez variedades comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en almacenamiento, al ataque del gorgojo pinto de los granos (*Zabrotes subfasciatus* Boh.). *Acta Agronómica.* 26(1-2): 39-47.
- Pacheco C., J. Jõse, 1989. Los cuadros básicos de insecticidas como herramienta de divulgación de las estrategias de manejo de los insecticidas. México. CVY-CIFAP-SONORA-INIFAP. (Mimeografiado).
- Painter H., R. 1958. Resistance of plants to insects. *Ann. Rev. Entomol.* (3): 267-290.
- Pérez M., J. 1988. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 142.
- Pérez M., J. 1992. Bioensayos para evaluar la resistencia de los insectos a los insecticidas. IV Simposio Nacional sobre

- Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. (SME) San Luis Potosí, S.L.P. México. p. 82-89.
- Pierre, D. y M. Pimbert. 1981. Some data on the reproductive activity of *Zabrotes subfasciatus* in the laboratory. En: V. Labeyrie (ed). International Symposium on the Ecology of Bruchids Attacking Legumes (pulses), Tours, France. 1980. Proceedings. The Hague, Junk. Series Entomologica. 9: 113-123.
- Pimbert, L. M. 1985. A model of host plant change of: *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera: Bruchidae) in a tradition bean cropping. System in Costa Rica. Biol. Agric. Hortic. 3(1): 39-54.
- Plapp, F.W. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. Ann. Rev. Entomol. 21: 179-197.
- Ramirez G, M., D. Barnes. y R. Quintana R. 1957. Protección química de los granos almacenados. Agric. Tec. en México. 1(5): 13-15 y 44-45.
- Ramirez, G.M. y D. Barnes. 1958. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. Oficina de Estudios Especiales, SAG. Folleto Misceláneo No. 6. p. 1-11.
- Ramirez, M.M. 1989. Biología y hábitos de insectos de granos almacenados. Instituto de Biología-UNAM. UNIGRAS, Pabellón de Arteaga, Ags. En: Curso Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. PUAL. p. 26-27.
- Ramirez, M.M. 1991. Ecología del almacenamiento y las poblaciones de insectos de pre y postcosecha. En: Taller de insectos de granos almacenados 12-16 Ag. 1991. Unidad de Investigación en Granos y Semillas. PUAL-UNAM-INIFAP.
- Ramirez T.E. R. 1991. Tablas de vida y fertilidad del gorgojo *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) en cinco materiales del frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. México. 61 p.
- Ramos, R. Y. 1976. Las especies de brúquidos (gorgojos de las leguminosas) de interés agrícola y fitosanitario, ptera: Bruchidae). II Sistemática y biología. Boletín del Servicio de Defensa contra plagas e Inspección Fitosanitaria. Madrid. 2(2): 194-196 p.
- Raymond, M., D. Fournier, J.M. Bride, A. Cuany, J. Berge, M. Magnin and N. Pasteur. 1986. Identification of resistance mechanism in *Culex pipiens* from Southern France: Insensitive Acetylcholinesterase and detoxifying oxidases. J. Econ. Entomol. 79: 1452-1458.

- Renteria, G.T. R. y Wong C.F. 1991. Utilización de polvos y extractos vegetales para el control de Zabrotes subfasciatus (Boh.) y Acanthoscelides obtectus (Say) en grano de frijol almacenado. III Simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Colegio de Postgraduados, Montecillos México.
- Renteria G.T. R. 1992. Control químico en insectos de granos almacenados. IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados (SME) San Luis Potosí, S.L.P. México. p. 67-73.
- Rodríguez, H. C. 1990. Perspectivas en el uso de plantas con propiedades insecticidas. En: Memorias del II Simposio Nacional de Entomología de Productos Almacenados. Oaxaca, Oax. p. 176.
- Rodríguez, H., C. y A. Lagunes T. 1990. Polvos vegetales y minerales, una opción de combate de insectos plaga en el almacenamiento rústico. II Simposio Nacional de Entomología de Productos Almacenados en México. Sociedad Mexicana de Entomología. p. 13-28.
- Rodríguez, H. C. 1992. Evaluación de las actividades tóxicas de plantas silvestres del estado de Tabasco sobre Zabrotes subfasciatus (Boh.) "Gorgojo mexicano del frijol" Coleoptera: Bruchidae) y de Sitophilus zeamais Motschulsky "Gorgojo del maíz" (Coleoptera: Curculionidae) en frijol y maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio. En: Memorias del XXVII Congreso Nacional de Entomología. San Luis Potosí, S.L.P. (SME) pp. 207-208.
- Said I., G. y L.C. Calderón. 1980. Manual de análisis probit. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 107 p.
- Saim, N. and Meloan, C.E. 1986. Compounds from leaves of bay (Laurus nobilis L.) as repellents for Tribolium castaneum (Herbst) when added to wheat flour. J. Stored Prod. Res. 22(3): 141-144.
- Sánchez, A. H. 1989. Actividad de polvos minerales para el combate de Prostephanus truncatus (Horn) y Sitophilus zeamais Motschulsky en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 65 p.
- Sánchez, A. H. 1991. Análisis e interpretación de resultados en bioensayos entomológicos. Memoria III Simposio sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. (SME) Veracruz, Ver. México. p. 159-168.
- S.A.R.H. 1983. Granos Almacenados. Literatura reciente num. 3. 1983. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, INIA-CIAPY. Campo Agrícola Exp. de Uxmal.

- S.A.R.H. 1991. Catalogo Oficial de Plaguicidas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 79-187.
- Saxena, S.C. and Yadav, R.S. 1986. Preliminary laboratory evaluation of an extract of leaves of *Delonix regia* Rat., as a distrupor of insecto growth and development. *Trop. Pest Manage.* 32(1): 58-59.
- Schoonhoven, A.V., E. Horber., R.B. Mills y E. Washom. 1972. Resistance in corn kernels to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. Proceedings North Central Branch. Entomol.Soc. Amer. Bull. 27: 108-109.
- Schoonhoven, A.V. 1981. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control. Guia de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 33.pp.
- Schoonhoven A.V., Cardona C. and Valor J. 1983. Resistance to the Bean Weevil and the Mexican Bean Weevil (Coleoptera: Bruchidae) in noncultivated common bean accessions. *J. Econ. En.* 76,1255-1259.
- Shawir, M.G.N.J. Le" Patourel y F.I. Moustofa. 1988. Amorphous silica as an additive to dust formulation of insecticides for stored grain pest control. *J. Stored Prod. Res.* 24(3): 123-130.
- Shishido, T. and J. Fukami. 1963. Studies on selective toxicites (II). The degradation of the ethyl parathion, methyl parathion, methyl paraoxon and sumithion in mamals, insects and plants. *Botyukagaku.* 28: 69.
- Sifuentes, A. J. A. 1977. Plagas de los granos almacenados y su control. Folleto de Divulgación No. 68. INIA-SARH. 22 p.
- Sifuentes, J. A. 1985. Plagas del frijol en México. SARH-INIA. México, D.F. Folleto técnico num. 78. 28 pp.
- Sifuentes, J. A. 1985. Control de plagas del frijol en México. Folleto Técnico No. 83. INIA-SARH. 22 p.
- Southgate, B. J. 1979. Biology of the bruchidae. *Ann. Rev. Entomol.* 24: 449-473.
- Su, H.C. F. y R. Horvat. 1987. Isolation and characterization of four mayor components from insecticidally active lemon peel extract. *J. Agric. Food. Chem.* 35(4): 509-511.
- Tapia B., H. 1983. Manual de producción de frijol común. Dirección General Técnicas Agropecuarias. Managua, Nicaragua. p. 16-19 y 166-169.

- Tyler, P. S. and Evans J.N. 1981. A tentative Method for Detecting Resistance to Gamma-HCH in Three Bruchid Beetles. J. Stored Prod. Res. 17: 131-135.
- Terriere, L.C., and S.J. Yu. 1974. The induction of detoxifying enzymes in insects. J. Agric. Food. Chem. 22: 366-373.
- Utida, S. 1967. Collective oviposition and aggregation in *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. 2: 315-322.
- Vera, G.J. y F.N. de los Santos R. 1989. La testa del grano de frijol de la variedad Canario 107 como defensa al ataque del gorgojo *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchiade). p. 254-255. En: Resúmenes del XXIV Congreso Nacional de Entomología. Mayo 21-24, 1989. Oaxtepec, Mor. México.
- Vera G., J. 1990. Búsqueda de especies y variedades de frijol resistentes al ataque de los gorgojos *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). En: Avances a la Investigación en el Colegio de Postgraduados. 1990. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 108 p.
- Vinson, S.B., and P.K. Law. 1971. Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworms. J. Econ. Entomol. 64: 1387-1390.
- Waage, J. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. En: Critical issues in biological control. M. Mackaver, L. E. Ehler and J. Roland (Eds.) 135-157. Andover, UK: Intercept.
- Wharton, R.H., and J. Roulston. 1970. Resistance to ticks to chemicals. Ann. Rev. Entomol. 15: 381.
- Wilkinson, C.F. 1976. Insecticide interactions. In: Insecticide Biochemistry and Physiology. Wilkinson, C.F., and T. Saito (Eds.). Plenum Press. New York. pp. 249-263.
- Wilkinson, C.F. 1980. The metabolism of xenobiotics: a study in biochemical evolution. In: The scientific basis of toxicity assessment. Witshi, H.R. (Ed.). Elsevier. North Holland. pp. 251-268.
- Wilkinson, C.F. 1983. Role of mixed function oxidases in insecticide resistance. In: Pest resistance to pesticide. Georghiou, G.P., and T. Saito. (Eds.). Plenum Press. New York. pp. 175-205.
- Winteringham, F.P.W., and A. Harrison. 1959. Mechanism of resistance of adult housefly to insecticide dieldrin. Nature. 184: 608.

- Wong, C.F., Borboa, F.J. y Cortez, R.M. 1987. Distribución y abundancia de insectos de granos almacenados en el estado de Sonora. Rev. Postcosecha. 7(4): 25-29.
- Yamamoto, I., E.C. Kimel, and J.E. Casida. 1969. Oxidative metabolism of pyrethroids in housefly. J. Agric. Food. Chem. 17: 1227.
- Yasutomi, K. 1983. Role of detoxification esterases in insecticide resistance. In: Pest resistance to pesticides. Georghiou, G.P., and T. Saito (Eds.). Plenum Press. New York. pp. 249-263.
- Zorogastua, C. P. 1981. Protección del frijol almacenado al ataque de Zabrotes subfasciatus (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). Tesis de Ing. Agr. Lima Perú. Universidad Nac. Agraria La MOLINA. 67 p. Res. Anals. sobre frijol p. 171.