

SUSCEPTIBILIDAD DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga*  
latanza SAYLOR (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)  
A INSECTICIDAS DE DIFFERENTE GRUPO  
TOXICOLOGICO EN FRANCISCO I. MADERO,  
NAYARIT

BERNARDO GOMEZ TADEO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1998

10105

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCION DE POSTGRADO**

**SUSCEPTIBILIDAD DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga lalanza* SAYLOR  
(COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) A INSECTICIDAS DE DIFERENTE  
GRUPO TOXICOLOGICO, EN FRANCISCO I. MADERO, NAYARIT.**

**TESIS**

**POR**

**BERNARDO GOMEZ TADEO**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
Aprobada como requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor Principal:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez**

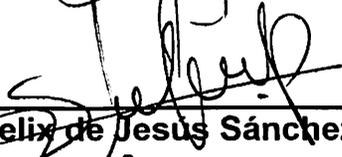
**Asesor:**

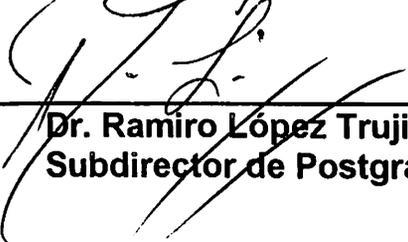
  
\_\_\_\_\_  
**M.C Jorge Corrales Reynaga**

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C Salvador Hernández Rodríguez**

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C Felix de Jesus Sánchez Pérez**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 1988.**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en especial al Departamento de Parasitología Agrícola por haber hecho realidad un deseo más de superación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme los recursos para lograr y llevar con buen fin mis estudios de Postgrado.

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez por su colaboración en este trabajo y disponibilidad en mi formación como Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola, por su muy valiosa amistad dentro y fuera de las aulas; así como por su profesionalismo calificado en todos los aspectos.

Al M.C Jorge Corrales Reynaga por su valiosa amistad y colaboración desinteresada en este trabajo y en muchos otros que durante los estudios de Postgrado tuvimos la oportunidad de llevar a cabo.

Al M.C Salvador Hernández Rodríguez por su valiosa participación y apoyo brindado durante la fase experimental y de revisión bibliográfica del presente trabajo, así como por su amistad.

Al M.C Felix de Jesús Sánchez Pérez por disponibilidad y apoyo en este trabajo.

A mi querido amigo Ing. Ramón Flores Vázquez, por su amistad tan valiosa y su gran ejemplo de humildad y superación demostrada aún en los momentos más difíciles.

A mis compañeros, amigos Profesores y estudiantes de la Maestría: Sergio Rodríguez, Héctor Hernández, Jaime Olguín, Edgar Rueda, Elizabeth Galindo, Sergio René Sánchez y al Dr. Jerónimo Landeros Flores.

Al Maestro y Amigo Pedro Recio del Bosque por su amistad tan valiosa.

Al Ingenio de Puga y en Especial al Sr. Agustín Ramírez por su gran apoyo en las colectas de campo y el desarrollo de la investigación en laboratorio.

## DEDICATORIA

A mi Esposa e Hijo: **Esmeralda Ureña e Isahías Alonso Gómez** dedico este trabajo a ustedes con gran amor y respeto porque siempre han estado en mi corazón y mi mente, y porque siempre ustedes fueron mi más grande inspiración en este logro y en los que están por venir. Y por haber cambiado mi vida; mil gracias, los amo.

A mis padres: **Sr. Rodolfo Gómez y Sra. Josefina Tadeo de Gómez** por su apoyo, confianza y amor que siempre me han brindado, siendo estas cosas el motor que siempre me han impulsado a salir adelante. Por todo eso; los amo, mis queridos viejos.

A mis Hermanos: **Luis Alonso, Rodolfo y Adriana** por su apoyo amistad y cariño desinteresado; que toda la vida me han brindado.

A mis Sobrinas: **Adriana y Estefani Gómez** por su inocencia y alegría.

A mi Primo. **Miguel Gómez** por tus valiosos consejos y tu amistad que siempre me has brindado.

**COMPENDIO**

**SUSCEPTIBILIDAD DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga lalanza* SAYLOR  
(COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) A INSECTICIDAS DE DIFERENTE  
GRUPO TOXICOLOGICO, EN FRANCISCO I. MADERO, NAYARIT.**

**POR**

**BERNARDO GÓMEZ TADEO**

**MAESTRÍA**

**PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 1998**

**Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez - Asesor-**

**Palabras claves: Susceptibilidad, *Phyllophaga lalanza* Saylor, gallina ciega.**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Investigación de Campo del Ingenio de Puga, en Francisco I. Madero, Nayarit; en el período de diciembre de 1996 a marzo 1997, cuyo objetivo fue, evaluar la susceptibilidad de gallina ciega *P. lalanza*

Saylor a insecticidas de diferente grupo toxicológico, en dos zonas de abastecimiento del Ingenio de Puga.

Se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para tres de los insecticidas evaluados, y posteriormente se obtuvo las  $DL_{50}$  en  $\mu\text{g/g}$  y con ello poder obtener las proporciones de susceptibilidad en cada una de las zonas en estudio.

Al analizar los resultados, se encontró que *P. lalanza* fue más susceptible al paration metílico, para las dos zonas en estudio; del cual se requiere una cantidad de  $1.0934 \mu\text{g/g}$  para matar el 50 por ciento de la población en la zona del Trigomil, por otro lado para la zona del Camichin se requiere de  $0.7535 \mu\text{g/g}$  para matar el 50 por ciento de la población; y para el caso de los otros productos, como la bifentrina, se requiere de  $7.3534 \mu\text{g/g}$  para eliminar el 50 por ciento de la población en la región del Trigomil, y para la zona del Camichin se necesita de  $1.3602 \mu\text{g/g}$  para matar el 50 por ciento de la población; y por último los datos que se lograron obtener con el insecticida carbosulfan en las dos zonas son de  $6.6636 \mu\text{g/g}$  en la zona del Trigomil y  $5.6212 \mu\text{g/g}$  en la zona del Camichin, y con ello poder eliminar el 50 por ciento de la población.

En cuanto a los productos que no se logró obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad, en términos generales las dosis de insecticidas

que se aplicaron en las poblaciones de las dos zonas en estudios, fueron muy altas, sin lograr matar tan solo el 1 por ciento de las poblaciones, tal es el caso de los insecticidas; etropophos, clorpirifos, diazinon, carbofuran, permetrina y endosulfan.

**ABSTRACT**

**SUSCEPTIBILITY OF WHITE GRUBS *Phyllophaga lalanza* SAYLOR (COLEOPTERA: MELOLONTIDAE) TO INSECTICIDES OF DIFFERENT TOXICOLOGICAL GROUP, IN FRANCISCO I. MADERO, NAYARIT.**

**BY**

**BERNARDO GOMEZ TADEO**

**MASTER OF SCIENCE**

**AGRICULTURAL  
PARASITOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTONNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1998.**

**Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez -Advisor-**

**Keys words: Susceptibility, white grubs *Phyllophaga lalanza* Saylor.**

This research work was carried out in the laboratory at the field Research Department of the Puga Ingenio, in Francisco I. Madero, Nayarit; from december 1996 to march 1997. The objective was to evaluate the susceptibility of white grubs *P. lalanza* to insectides of different toxicologycal group category in two supplying areas of the Puga Ingenio.

We determined the dose-mortality response lines for the three of the tested insecticides. Then the LD<sub>50</sub> (μg/g) were calculated to obtain the susceptibility ratios for each of the study zones.

Form the data analysis, it was found that *P. lalanza* Saylor was more susceptible to methyl paration, in both study areas; the LD<sub>50</sub> for methyl paration was 1.0934 μg/g, for the white grubs form Trigomil. On the other hand, for the Camichin zone the LD<sub>50</sub> was 0.75 μg/g. For the others products (bifentrin) the LD<sub>50</sub> was 7.3535 μg/g, for the Trigomil zone. For Camichin the LD<sub>50</sub> value was 1.3602 μg/g; for the insectide carbosulfan the LD<sub>50</sub> was 6.6636 μg/g for the Trigomil population and 5.6212 μg/g for the Camichin population.

For several products it was not possible to obtain the dose-mortality responses; in general, the insecticides dosages applied to the populations from both areas were very high, and it was not possible to kill even 1 per cent at the population; these insecticides were: etropophos, clorpiriphos, diazinon, carbofuran, permetrina and endosulfan.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
El Género <i>Phyllophaga</i> .....	4
Clasificación Taxonómica.....	4
Morfología de los Inmaduros.....	5
Morfología de los Adultos.....	5
Ciclo de Vida.....	7
Distribución.....	9
Importancia Económica.....	9
Control Químico del Género <i>Phyllophaga</i> .....	12
Plano Internacional.....	13
Plano Nacional.....	14
Resistencia.....	15
Tipos de Resistencia.....	16
Resistencia por Comportamiento.....	17
Resistencia Fisiológica.....	21
Mecanismos de Resistencia.....	21
Mecanismos Metabólicos.....	21
Mecanismos no Metabólicos.....	24

Clases de Resistencia.....	27
Resistencia Cruzada Positiva.....	27
Resistencia Cruzada Negativa.....	28
Resistencia Múltiple.....	28
Manejo de la Resistencia.....	29
Manejo por Moderación.....	30
Manejo por Saturación.....	31
Manejo por Ataque Múltiple.....	31
Consideraciones para Reducir Problemas de Resistencia.....	32
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
Ubicación del Experimento.....	34
Productos utilizados.....	34
Ventana Biológica.....	36
Bioensayos.....	38
Análisis Estadístico de la Información.....	40
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>59</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>63</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>68</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No	Pagina
3.1	Nombre común, grado técnico y grupo toxicológico, de los insecticidas utilizados en el presente estudio..... 41
4.1	Datos obtenidos en el laboratorio para larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor expuestas a varios insecticidas, en poblaciones de las regiones del Trigomil y Camichín; Tepic, Nayarit..... 45
4.2	Valores de DL <sub>50</sub> , límites fiduciales y DL <sub>95</sub> , de los insecticidas evaluados en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor, de las poblaciones del Trigomil, Tepic, Nayarit..... 48
4.3	Valores de DL <sub>50</sub> , límites fiduciales y DL <sub>95</sub> , de los insecticidas evaluados en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor, de las poblaciones del Camichin, Tepic, Nayarit..... 50
4.4	Coefficientes de correlación y chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor para las poblaciones de la región del Trigomil, Tepic, Nayarit..... 52
4.5	Coefficientes de correlación y chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor para las poblaciones de la región del Camichin, Tepic, Nayarit..... 53
4.6	Proporciones de susceptibilidad de larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor expuestas al control químico de dos regiones en estudio (Trigomil y Camichin), Tepic, Nayarit..... 53

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1	Valores de DL <sub>50</sub> y límites fiduciales de los insecticidas evaluados en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor, Tepic, Nayarit. 1997.....	47
4.2	Líneas de respuesta dosis-mortalidad y ecuaciones de predicción en larvas de tercer estadio de <i>Phyllophaga lalanza</i> Saylor a insecticidas de dos regiones en estudio de Tepic, Nayarit. 1997.....	57

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar en el estado de Nayarit es uno de los principales cultivos, en superficie cultivada seguida de los cultivos de maíz y tabaco. Además proporciona una gran cantidad de mano de obra y con ello fuentes de trabajo para las familias del campo Nayarita durante un período aproximado de nueve meses al año.

La superficie de cultivo que ocupa esta gramínea es de aproximadamente 25,000 ha; de las cuales un 95 por ciento se explotan bajo condiciones de temporal y el resto se encuentra en áreas muy restringidas de riego y humedad residual, este cultivo además enfrenta problemas que llegan a afectar los rendimientos a tal grado que en muchas de las ocasiones estos son nulos o muy bajos, entre los más importantes se tienen; precipitación pluvial, plagas, malezas, enfermedades, heladas y algunos otros que en algunas veces infieren de manera directa.

Específicamente dentro del problema de plagas las más importantes son las gallinas ciegas que causan daño al sistema radicular siendo el género *Phyllophaga* el más importante y la especie, es *lalanza* la cual en los muestreos

de campo se encuentra dominando en un 95 por ciento, y es por lo tanto la responsable directa del daño al cultivo.

Esta especie ataca el cultivo desde su plantación hasta en el último año de producción de su ciclo; es decir, que lo puede atacar en las etapas de plantilla, soca o bien en resoca, prefiriendo la primera para su establecimiento. Las larvas se alimentan del sistema radicular desde el segundo estadio de desarrollo hasta el tercero y último, siendo éste el más voraz y el responsable de las pérdidas más importantes; el período en el que se alimentan es de a principios de octubre, a principios de marzo, y es aquí donde termina su fase activa de larva, posteriormente deja de alimentarse para pasar al estado de pupa. Debido a esto en el cultivo los rendimientos son severamente afectados.

Las pérdidas llegaron a su máxima expresión en la zafra de producción 1991-92, viéndose afectadas en forma total una superficie de 3,000 has aproximadamente. Sin embargo, estas pérdidas solo fueron cuantificadas en la zona de abastecimiento del Ingenio de Puga; el cual procesa la producción de 16,000 ha, lo cual indica que se desconoce el impacto en otras áreas cañeras del mismo estado.

Para el combate de este insecto, el productor cañero utiliza con más frecuencia, el control químico; debido a esto algunos productos insecticidas se han utilizado de manera indiscriminada en diversas formulaciones y dosis;

aunado a lo anterior el poco conocimiento que el productor posee de la plaga y de los productos químicos, para utilizar los más adecuados en el combate de la plaga. Eso a provocado que a la fecha los niveles de control con estos químicos en el campo se observen bajos, y por consecuencia el productor incrementa el número y las dosis de aplicación.

Es muy probable que el mal uso y manejo de insecticidas hayan provocado, que el productor cañero de la región ya no tenga un buen control de las larvas de *P. lalanza* en el campo y debido a ello los niveles de tolerancia a los químicos sean altos. En busca de una buena solución a los problemas de control de dicha plaga, en el cultivo de caña de azúcar, del Estado de Nayarit; se plantea el siguiente objetivo:

**Conocer las líneas de respuestas dosis-mortalidad a químicos de cuatro grupos toxicológicos en larvas de gallina ciega *P lalanza*, en las áreas de abastecimiento del Ingenio de Puga, Francisco I. Madero, Nayarit.**

## REVISIÓN DE LITERATURA

### El Genero *Phyllophaga*.

Los adultos de las especies de *Phyllophaga* son conocidos popularmente en México como "mayates de mayo", "escarabajos sanjuaneros" o "escarabajos de junio" y a sus larvas se les llama "gallinas ciegas", "gusanos blancos" ó "nixticuiles" (Morón, 1986).

### Clasificación Taxonómica

De acuerdo con Morón 1986 y Morón et al 1997 el género *Phyllophaga* se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino---***Animal***.

Phyllum---***Arthropoda***.

Clase---***Hexapoda***.

Orden---***Coleoptera***.

Suborden---***Polyphaga***.

Familia---***Melolonthidae***.

Subfamilia---***Melolonthinae***.

Género---***Phyllophaga***.

Especie---***lanza***.

## **Morfología de los Inmaduros**

Morón (1986) expresa que a pesar de que los estados larvales son los principales responsables del daño económico a un gran número de cultivos causado por *Phyllophaga*, no existen descripciones para la mayor parte de las 254 especies mexicanas. Sin embargo, se pueden hacer señalamientos con las siguientes características:

Son larvas típicamente escarabiformes, de color blanco cremoso, blanco amarillento, o blanco grisáceo, con la cabeza de color café, anaranjada, o castaño-rojiza, la longitud es variable de acuerdo a la especie; las patas son de color amarillento, la longitud entre las especies va desde los 15 y 70 mm, y un ancho torácico de 3 a 10 mm dependiendo de la especie.

## **Morfología de los Adultos**

**Tamaño y Forma.-** Morón (1986) menciona que la forma del cuerpo en las especies de *Phyllophaga*, varía en proporciones dentro de un contorno ovalado-alargado, con sección subcilíndrica; en las especies del subgénero *Chlaenobia* se encuentran las formas más alargadas y estrechas, mientras que las especies de los subgéneros *Phyllophaga*, *Eugastra* y *Triodonyx* se observan los perfiles más robustos, redondeados e incluso piriformes, debido al engrosamiento del abdomen y al ensanchamiento de la mitad posterior de los

élitros. Las superficies dorsales presentan un grado variable de convexidad, sin existir tendencia a la forma deprimida. El abdomen generalmente es robusto y convexo, aunque en los machos de muchas especies existen depresiones o concavidades variables con extensión y profundidad.

Las medidas extremas de las especies mexicanas se encuentran entre 28.1 y 9.2 mm de longitud total y entre 13 y 3.4 mm de ancho humeral. Siendo la especie más pequeña *phyllophaga (Phytalus) fissilaris* (Bates) y la especie de mayor tamaño *P. (Phyllophaga) schizornhia* (Bates) (Morón, 1986).

**Coloración.-** La coloración generalmente es pardo-amarillenta o pardo-rojiza, aunque incluye toda una gama de matices que abarcan el castaño oscuro, el castaño rojizo, amarillo-pajizo, pardo-acanelado; algunas especies son negras (*P. nigerrima*) e incluso existen otras que ofrecen coloración metálica iridiscente tenue, bronce-verdosa (*P. rugulosa* Blanch) (Morón, 1986).

Por otro lado y para el caso específico de *Phyllophaga lalanza*; Morón (1986) describe a la especie como a continuación se detalla:

Tiene una longitud de 22-29 mm, Anchura élitral máxima: 11-14.5 mm. La coloración es parda amarillenta o rojiza muy brillante, en ocasiones con la cabeza y el pronoto pardo oscuro; regiones dorsales glabras. Clípeo corto, con el borde anterior ampliamente sinuado, redondeado. Antenas formadas por 10

artejos; masa antenal más corta que el funículo. Pronoto con puntuación fina. Elitros punteados rugosos. Propigidio con surco mesial bien definido. Lados externos de las meso y metatibias con dos o tres espinas transversales, con un diente corto central y un diente pequeño cerca del proceso basal. Dimorfismo sexual escaso. Los adultos tienen hábitos nocturnos, están activos entre mayo y octubre, se alimentan con el follaje de especies de las familias: Euphorbiaceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Moraceae, Lauraceae y Graminae. Entre la 19:30 y las 20:30 hrs son atraídos por las luces eléctricas. Sus larvas se desarrollan en suelo consumiendo materia orgánica, raíces o tubérculos subterráneos de gramíneas, leguminosas y solanáceas principalmente (Morón et al., 1997).

### **Ciclo de Vida**

Morón et al. 1994, obtuvieron en el laboratorio el siguiente ciclo de vida:

Se capturaron 25 hembras, las cuales fueron evidente que habían completado la transferencia espermática, puesto que se obtuvieron 229 huevecillos en las macetas para cría mantenidas en el laboratorio del Ingenio entre el 21 de junio y el 29 de julio de 1994, ovipositando solo una vez.

El período de desarrollo de los huevecillos en las ovaríolas requirió un período de 9.5 días, antes de ser depositados en la composta. Los huevecillos

son ovalados, blancos y miden entre 4 y 5 mm de diámetro los cuales requieren de un promedio de 9.7 días para su incubación.

Las larvas de primer estadio requirieron de 29 días durante. Las cuales se alimentan sobre todo de composta, alcanzando un peso promedio de 0.18734 gr.

Durante el segundo estadio, la larva se alimentó de composta y las raíces de las plántulas, requiriendo un período de 43 días, alcanzando un peso promedio de 0.46852 g.

En el tercer estadio, las larvas se alimentan exclusivamente con raíces de plántulas de caña de azúcar, por un período de 106 días, alcanzando un peso promedio de 2.786 g. en laboratorio siendo por esto la fase más destructiva del insecto.

La fase de prepupa, es una fase de ayuno y la expulsión constante del contenido de su cámara proctodeal que ocasiona una notable disminución de peso y volumen, que acentúa el plegamiento de su cutícula, preparándola para el estado de pupa. La pupación se inició a principios de marzo y requiriendo un período de 30 días. El adulto permanece dentro de la celda de tierra durante un período de 50 a 80 días hasta que la presencia de humedad indique el

momento más adecuado para emerger e iniciar su alimentación a base de follaje.

### **Distribución**

Morón y Warner (1992) y Morón et al. (1997) menciona que *P. lalanza* es una especie muy común y de amplia distribución en el nor-occidente de México: Sonora (Yecora), Sinaloa (Villa Unión, Corte Alto, Copala), Durango (Durango), Nayarit (Compostela, Tepic, San Blas, Santiago Ixcuintla, Santa María del Oro, Chapalilla), Jalisco (Guadalajara, Zapopan, Amatitan, Zapotlanejo, Puerto Vallarta, Ameca).

### **Importancia Económica**

Velázquez (1996) para el año de 1990, realizó un diagnóstico en Guatemala, para hacer una estimación de pérdidas causadas por plagas del suelo. Encontró que la mayoría de las pérdidas eran ocasionadas por tres especies del género *Phyllophaga*. Siendo los cultivos más dañados: maíz 47 por ciento, sorgo 27 por ciento, frijol 13 por ciento, arroz 6 por ciento, ajonjolí 2 por ciento, tomate 3 por ciento y cebada 2 por ciento. Estos muestreos se realizaron en un 61 por ciento en áreas planas y el 39 por ciento en laderas, con texturas de suelo arcilloso y franco arcilloso.

En el Salvador Mendoza (1996) realizó un diagnóstico de los principales insectos plaga del maíz, en varios departamentos; concluyendo que la plaga clave después de *Spodoptera spp* fue el género *Phyllophaga* con cinco especies. Llegando a observar daños de hasta el 100 por ciento del cultivo.

Por su parte Guerra y Quiros (1996) en Panamá determinaron que en el Departamento de Caísan hubo un 22 por ciento de disminución en la producción de maíz, causado por el complejo gallina ciega, en donde el género *Phyllophaga spp* es el que se encuentra en mayor porcentaje además de estar asociado al cultivo.

Méndez y Rodríguez (1996) mencionan que a partir de 1990 los reportes sobre el daño de *Phyllophaga* fueron en el cultivo de la papa en la zona norte de Nicaragua con pérdidas hasta de un 45 por ciento de la producción a pesar de las aplicaciones de plaguicida al suelo. Además mencionan que el Programa Nacional del Cultivo de la Papa reporta pérdidas en los últimos tres años del 40-60% de la producción principalmente en las siembras primeras y postreras. Sin embargo el problema no se limita únicamente al cultivo de la papa si no también en cultivos como, granos básicos, pastos, hortalizas, café y actualmente problemas que se suscitan en cultivos no tradicionales de exportación.

León (1996) aclara que las plagas del suelo sobre todo el género *Phyllophaga*, se encuentra afectando los principales cultivos alimenticios en Costa Rica; pero en algunos otros cultivos como las hortalizas de altura son también severamente afectadas por esta plaga, por mencionar un ejemplo el cultivo de tomate es severamente dañado por *P. obsoleta*. Además menciona que el cultivo de la caña de azúcar es también muy dañado por *Phyllophaga spp.*

Por otra parte en el Estado de Jalisco, Nájera (1993) tomando de base datos de evaluaciones hechas por otros investigadores en cinco años anteriores, estimó que las pérdidas promedio en un mínimo conservador, para el cultivo del maíz; fueron de 350 kg./ha equivaliendo esto a 77 mil toneladas anuales, con pérdidas máximas de 1.5 ton/ha lo que sería el equivalente a 330 mil toneladas anuales; en consecuencia, el porcentaje de pérdidas se ubica entre el 3.85 por ciento y el 16.5 por ciento del promedio de la producción del estado.

Para el estado de Nayarit, Urías en (1993) reportó que los principales municipios con problemas de plagas del suelo en maíz de temporal son: San Pedro Lagunillas, Ixtlán del Río, Jala, Santa María del Oro y Compostela. Observando en campo que cuando no se hacen aplicaciones de insecticida al suelo al momento de la siembra, los daños pueden ser tan considerables y el

rendimiento puede ser abatido en un 50 por ciento con respecto a los lotes en donde si se aplica insecticida.

El daño que causan las larvas de gallina ciega se debe a la poderosa estructura de su aparato bucal masticador y a las interesantes modificaciones de su aparato digestivo que les permite alimentarse con materiales duros, fibrosos o suaves, como pueden ser raíces, tallos leñosos, hojarasca húmeda o el mismo suelo orgánico (Morón y Warner 1992). En general el daño que estas larvas causan se manifiesta, primero en plantas marchitas y reflejando áreas de baja población, de plantas acamadas o bien un daño muy severo plantas totalmente secas debido a la pérdida de raíces (Ortega, 1987).

Morón y colaboradores (1994) coinciden, en que el porcentaje de daño más alto al sistema radicular en el cultivo de la caña de azúcar en Nayarit, el cual alcanza niveles del 100 por ciento en raíces, además de dañar los tallos; en su totalidad es causado por *Phyllophaga lalanza* Saylor; concluyendo con esto que dicha especie se encuentra asociada al cultivo.

### **Control Químico del Género *Phyllophaga*.**

El control químico ha sido por muchos años, el método más usado, para el control de la plaga en las áreas de abastecimiento del Ingenio de Puga, y los

insecticidas más utilizados son: carbofuran, terbufos e izasofos; (Comunicación personal de Morón 1996).

### **Plano Internacional**

Velázquez (1996) menciona que la mayoría de los productores en Guatemala cuando tienen problemas con *Phyllophaga spp*, la controlan con phoxim granulado y/o líquido mediante aplicaciones directas, a las raíces de los cultivos.

Méndez y Rodríguez (1996) indican que en Nicaragua; uno de los métodos más usados para el control de *Phyllophaga spp* es el químico, el cual lo llevan a cabo con los insecticidas: carbofuran, terbufos, clorpirifos, diazinon y phoxim; La primera aplicación la hacen al momento de la siembra o la plantación y la segunda al momento del aporque.

En Honduras el control químico de las gallinas ciegas; es el más frecuente con productos de alta residualidad, aplicados a la siembra o bien algunos otros mezclados con la semilla antes de la siembra. Los insecticidas más usados son: carbosulfan, terbufos, carbofuran 5 y 10G, phoxim 5G, clorpirifos 10G, thiodicarb, furathiocarb, imidacloprid, ethoprop y Busan (Lastres, 1996)

Por otro lado en el Salvador para control de esta plaga en el cultivo del maíz, se han utilizado los productos químicos como: carbofuran, clorpirifos y phoxim, los cuales son colocados en el suelo al momento de la siembra. O bien utilizan los tratamientos a la semilla con carbofuran e imidacloprid. En el cultivo de la piña se aplica, el paration M-48, phoxim 2.5G y carbofuran al 5 por ciento, clorpirifos 2.5G y terbufos 10G, aplicado en el suelo alrededor de la planta. Y en el cultivo del café los insecticidas químicos más usados para el control de *Phyllophaga spp* son: phoxim 2.5G (15g/m<sup>2</sup>) y ethoprop 5G (10g/m<sup>2</sup>). Colocados al momento de la siembra de la plantilla o bien puesto en el fondo del hueco de la plantación; (Mendoza, 1996).

Guerra y Quiros (1996) reportan que en Panamá para el control de *Phyllophaga spp*, el químico ha sido el más estudiado, y por lo tanto los insecticidas son los más eficientes para su control; tales como el furithiocarb 400CS y el carbofuran 10G y 4F, el primero a dosis de 10 cc/kg, de semilla de maíz, y 30 cc/1.4 kg de semilla de arroz; y el carbofuran 10G a una dosis de 12 kg/ha.

### **Plano Nacional**

En el estado Mexicano de Jalisco, Alavez (1991) encontró que la teflutrina, izasofos, diazinon y clorpirifos; fueron eficientes para el combate de

*Diabrotica sp*, *Colaspis sp* y *Phyllophaga sp*, pero los estándares clorpirifos diazinón rebasaron los umbrales económicos.

## **Resistencia**

**Definición.-** Lagunes y Villanueva (1995) definen a este fenómeno como el desarrollo de una habilidad adicional, en una especie de insectos de tolerar dosis de tóxicos que son letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie. También se define como la capacidad normal existente en determinadas poblaciones de insectos, para soportar la acción de un veneno (Metcalf y Luckmann, 1994).

Por su parte Georghiou (1965) define a su vez el fenómeno de resistencia como un término usado comúnmente para señalar la habilidad de un organismo para sobrevivir a la aplicación de un tóxico, la cual sería letal para la mayoría de los organismos de una población normal. Así pues se sabe que la resistencia genéticamente adquirida por los insectos contra los insecticidas sigue siendo una de las principales barreras que evitan el empleo eficaz de estos agentes de control químico (Metcalf y Luckmann, 1994).

## Tipos de Resistencia

Guerrero (1992), menciona que la resistencia puede clasificarse en cinco tipos, que corresponden a otros tantos mecanismos para reducir el efecto tóxico de los insecticidas:

**Específica:** ocurre cuando sólo una especie es resistente y otra de la misma especie es susceptible.

**De Hábito:** Se da cuando la especie es resistente al tóxico por escape (Es decir en un estadio está expuesto y en otro no, por ejemplo un primer estadio que se alimenta de hojas y en cambio los posteriores los pasa como barrenador oculto sin exponerse al producto.)

**De Comportamiento:** es una modificación de la anterior que implica un cambio notorio en el comportamiento del insecto. Por ejemplo, en mosquitos que cambian sus lugares de descanso habituales de paredes a techos en donde no hay producto.

**Morfológica:** se presenta cuando por la presencia de estructuras o componentes cuticulares (pelecillos, recubrimientos cerosos, etc.), el tóxico no penetra el integumento del insecto. Esta resistencia es puramente física.

**Fisiológica:** es denominada también "adquirida". Se da por acción de mecanismos metabólicos gobernados por sistemas enzimáticos.

Dentro del carácter de resistencia se distinguen dos tipos: el primero es la resistencia fisiológica y el otro la resistencia por comportamiento. La primera implica la presencia de uno o varios mecanismos metabólicos específicos como la acción de las enzimas y no metabólicos dependiendo del tipo de estímulo ejercido, mientras que el segundo tipo de resistencia incluye todo aquel hábito que adopta determinada especie como respuesta a estímulos previos en el medio ambiente que lo rodea, por lo cual evita el contacto con el tóxico recibiendo solo cantidades que no lo matan (subletales), (Rodríguez, 1983).

### **Resistencia por Comportamiento**

Se refiere a patrones como la preferencia a descansar en áreas no tratadas con insecticidas en lugar de áreas tratadas, o bien la detección del insecticida y la tendencia a evitarlo antes de ponerse en contacto con él. La interrupción de la exposición al insecticida, se puede deber a una acción irritante o bien a una acción repelente (Lagunes y Villanueva, 1995).

Así pues la capacidad de los insectos para percibir insecticidas a través de procesos sensoriales podría conducir a la evolución de la resistencia conductal, a insecticidas. Trayendo por consecuencia que en algunos casos, la

plaga pueda ser repelida antes de ponerse en contacto con el hospedero, o pueda ser capaz de posarse en áreas de refugio no tratadas en el hospedero sin ponerse en contacto con las áreas contaminadas. En casos opuestos, las plagas repelidas pueden de hecho, ponerse en contacto con una mayor cantidad de insecticida mientras buscan áreas no tratadas (Gould, 1984).

La información disponible indica que la resistencia fisiológica y la adaptación conductal, a menudo coexisten. Hay muchas evidencias actualmente de que la conducta puede ser modificada a lo largo de las generaciones para permitir a los insectos eludir efectivamente un tóxico. Se dan a continuación algunas definiciones según Locwood et al. (1984).

**Resistencia Conductal.-** Son acciones productivas en respuesta a las presiones selectivas ejercidas por un tóxico, las cuales mejoran la capacidad de una población para eludir los efectos letales de un tóxico.

**Resistencia Conductal-Estímulo-Dependiente.-** Requiere estímulo sensorial del insecto para evitar que ocurra. El insecto es estimulado para dejar el ambiente tóxico inmediatamente después del contacto con una superficie tratada (irritabilidad) o antes del contacto (repelencia). La medida crítica de éxito aquí es la habilidad para detectar el tóxico antes de adquirir una dosis letal. En realidad, estos mecanismos ocurren después de un continuo tiempo y espacio.

**Resistencia Conductal Estímulo-Independiente.** No requiere estimulación sensorial para que el insecto evite que ocurra. El insecto se comporta de una manera que evita la exposición al tóxico por ocupación crónica de hábitats no tóxicos (exofilia) o evita alimentarse de una hospedera asociada. La medida del éxito aquí es la capacidad para ocupar hábitats contaminados o preferencialmente modificar otras conductas selectivamente, y de esta manera prevenir el contacto con el tóxico.

Estudios hechos indicaban que si un insecto era fisiológicamente resistente la sensibilidad al tóxico se perdía y la resistencia conductal era reducida (y viceversa). Es decir, su correlación es negativa. Sin embargo, la repelencia si coexiste con la resistencia fisiológica. Se ha reportado que el fenvalerato causó irritancia/repelencia en moscas barrenadoras del ganado *Haematobia irritans*, medida por la cual la frecuencia con que las moscas volaban al posarse sobre superficies tratadas. La respuesta de irritabilidad sugiere que la conducta puede ser un factor que contribuya a la resistencia a piretroides en insectos. Los resultados demuestran que la permetrina, y especialmente el fenvalerato, tienen efecto sobre el comportamiento de las moscas barrenadoras del ganado. Esto era de esperarse, ya que se sabe que los piretroides actúan en varios sitios de acción en el sistema nervioso del insecto, incluyendo los receptores sensoriales. Si dicho comportamiento continúa extendiéndose, podría resultar una población hiperirritable que rara vez se ponga en contacto con el insecticida. Sin embargo, la resistencia a

insecticidas puede potencialmente ser el resultado de interacciones entre comportamiento, bioquímico y fisiología (Quisenberry et al., 1984).

En un estudio se evaluó la respuesta conductal del mosquito *Anopheles atroparvus* al contacto con el DDT. Dentro de un tubo formado con papel, impregnado con una mezcla de DDT y aceite, se colocaron mosquitos en un extremo y debían volar hacia el otro extremo para escapar. Se usaron dos colonias: (A) selección de mosquitos que escapaban, y la (B) selección de mosquitos que no escapaban. Los mosquitos de la colonia A tenían una velocidad promedio de vuelo más alta que los de la colonia B. Los A volaban directamente de un extremo del tubo al otro, en tanto que los B se regresaban más frecuentemente por cada metro cubierto (Gerald y Laarman, 1967).

El uso de insecticidas con dosis subletales muchas de las veces puede cambiar el comportamiento de los insectos, en la mayoría de estos casos no los mata, pero si los hace más prolíficos (Haynes, 1988). Al respecto dichas dosis subletales pueden tener consecuencias como las que encontraron Abad-Elghadar y Appel en 1992; en un estudio con cucarachas *Blatella germanica* donde observó que la fecundidad se aumentaba conforme se aumentaban las dosis subletales de clorpirifos, se incrementó además el número de ootecas formadas, número de ootecas eclosionadas y por consecuencia el número de la descendencia producida en cada ooteca.

## **Resistencia Fisiológica**

Es el tipo de resistencia más importante; en la cual los insectos adquieren este tipo de resistencia de dos formas. Por adición de un mecanismo de protección; es decir, mecanismos que involucran, cambios o sistemas enzimáticos que ayudan al insecto a degradar el insecticida sin que este llegue al sitio de acción para afectarlo (Brown, 1960; Price, 1991; Lagunes y Villanueva, 1995)

### **Mecanismos de Resistencia**

#### **Mecanismos Metabólicos**

**Definición.-** Son aquellos mecanismos en donde los insecticidas pueden ser metabolizados y/o transformados en productos de menor e inclusive de nula toxicidad para los insectos. Siendo las enzimas las principales responsables de estos cambios; tales como: función oxidativa múltiple, (FOM), esterasas, DDTasa, glutatión transferasas principalmente (Plap, 1976; Terriere, 1984).

**a) Esterasas.-** Este tipo de enzimas son fundamentalmente hidrolasas que rompen los enlaces estéricos de los organofosforados, produciendo alcoholes y ácidos que son menos tóxicos y en ocasiones atóxicos, además de

enzimas son un complejo que se clasifican como glutatión transferasas con diferentes acciones; así se tienen; S-aril transferasas, S-aralquil transferasas, S-alqueno transferasas y epoxitansferasas. Además mencionan que en algunos experimentos sea demostrado que la actividad de estos grupos es fuertemente influenciada por el pH, temperatura y el tejido en el que se encuentren.

**c) Función Oxidativa Mixta (FOM).**- Esta sistema enzimático también es conocido como oxidasas microsómicas (OMFM) de función mixta el cual juega papel muy importante en insectos resistentes y susceptibles, siendo el retículo endoplasmático el organelo celular donde se asocian las diversas enzimas que constituyen el complejo de oxidasas microsómicas de función mixta, para el caso de los insectos también se localizan en los túbulos de Malpighi, cuerpo graso y tracto digestivo, (Lagunes y Rodríguez, 1985).

Wilkinson (1983) menciona que la oxidación de moléculas insecticidas en el interior del cuerpo de los insectos, por medio del sistema oxidativo es de gran importancia, debido a la relación existente entre los niveles de FOM y el grado de tolerancia o resistencia de los insectos hacia una gran diversidad de insecticidas. En los insectos, debido a esto lo considera como la primera defensa contra agentes tóxicos de carácter xenobiótico. Por otro lado también menciona que la falta de especificidad de las FOM y su incrementada actividad, es notable para la mayoría de las plagas fitófagas, y en especial las que son polífagas, por lo que la resistencia se manifiesta en mayor o menor proporción

debido a este mecanismo, principalmente en aquellos estados fenológicos de los insectos en los que requieren de una mayor alimentación, así pues la actividad del citocromo p-450 da origen a un producto hidrofílico más fácilmente excretable o bien a metabolitos secundarios (no tóxicos); mediante dicha actividad estas oxidasas confieren resistencia a través de reacciones que involucran grupos fundamentales diferentes, entre las que se encuentran la hidroxilación aromática, D-dealquilación, N-dealquilaciones, desulfuración oxidativa y la epoxidación.

**d) DDTasa.-** Brown (1960) menciona que esta enzima es conocida como dehidroclorinasa, y es la responsable de metabolizar la molécula del DDT transformándola en DDE, la cual es un metabolito menos tóxico para los insectos. El metabolismo reductor del DDT es un factor importante para los individuos resistentes al disminuir la concentración interna del DDT y transformarlo principalmente en DDE y después en DDA.

### **Mecanismos no Metabólicos**

**Definición.-** Son aquellos mecanismos que no dependen del metabolismo del insecto; sin embargo, debido a la participación de estos mecanismos hay algunos insectos que son capaces de producir altos niveles de resistencia. Los principales mecanismos de este tipo son:

**a) Insensibilidad en el sitio de acción.-** Hama e Iwata (1972) establecieron la primera evidencia clara de la acetil colina insensible como un mecanismo de resistencia a insecticidas fosforados tales como: malation, malaoxon y paration metilico, así como para algunos carbamatos especialmente el propoxur; concluyen finalmente con, que no es el principal mecanismo de resistencia. Aclarando que lo anterior es posible debido a un cambio estructural en la enzima inhibidora, causando así individuos resistentes por acetil colina insensible en algunos lepidópteros y la mosca casera principalmente (Voss, 1980).

Por su parte Hama (1983) demostró con sus investigaciones que en la actividad insensible existen cinco formas distintas (isoenzimas), de las cuales no necesariamente todas deben ser alteradas para que el individuo presente resistencia.

Mores y Devonshire (1984) indican que en la mosca casera pueden presentarse al menos cuatro formas distintas de acetil colina tres resistentes y una susceptible, siendo necesario el aislamiento de este mecanismo en estado homocigoto para su caracterización bioquímica.

**b) Resistencia al derribo (kdr)-** Miller et al. (1983) coinciden en que es un mecanismo que afecta tanto a insecticidas del grupo análogos del DDT como a los piretroides. Además mencionan que en un principio se describía a este

mecanismo como resistencia al derribo por DDT, posteriormente se le dio el nombre de kdr siendo estas las iniciales de su nombre "knock down resistance". Este mecanismo confiere resistencia cruzada tanto como clorados como para piretroides.

Scott y Georghiou (1986) mencionan que este factor de resistencia es causa, de insensibilidad en el sitio de acción, el cual se presenta con frecuencia en los piretroides y en el DDT y a clorados que comparten el mismo mecanismo de acción. Se ha reportado que los genes responsables a este tipo de resistencia son recesivos y localizados en el cromosoma III y que al parecer son alélicos o al menos muy semejantes.

**c) Penetración reducida.-** Cuando un insecto posee este mecanismo de resistencia, provoca que el insecticida penetre en menor cantidad y esté más expuesto a los complejos enzimáticos detoxificantes, por lo tanto solo cantidades subletales van a llegar al sitio de acción, y en ocasiones no va a llegar debido a ser excretado antes de caer al sitio de acción (Matsumura, 1985). De igual manera la penetración reducida comúnmente interactúa con otros mecanismos de resistencia, permitiendo la manifestación de resistencia cruzada, como es el caso de los clorados en organismos resistentes al diazinon, siendo posible de darse tal hecho en cualquiera de los grupos insecticidas y principalmente en los clorados (Vinson y Law, 1976).

**d) Mayor excreción.-** Este mecanismo por sí solo, generalmente se le ha considerado como de menor importancia; pero cuando se presenta acompañado de otro mecanismo de resistencia aumenta su importancia, nunca se han reportado colonias resistentes por una mayor excreción (Lagunes y Villanueva, 1995).

**e) Mayor almacenamiento.-** Generalmente en tejidos inertes y particularmente en el tejido graso, es donde se lleva a cabo este fenómeno. No hay ningún registro de colonias resistentes solo para este factor (Lagunes y Villanueva, 1995).

### **Clases de Resistencia**

Lagunes y Villanueva (1995) señalan que existen tres clases de resistencia las cuales las definen de la siguiente manera:

#### **Resistencia cruzada positiva**

Es el fenómeno por el cual una población de artrópodos, sometida a presión de selección con un plaguicida, adquiere resistencia a él y a otros insecticidas relacionados toxicológicamente que no han sido aplicados.

### **Resistencia cruzada negativa**

Se presenta cuando una población que ha adquirido resistencia a un insecticida, a un tipo de tóxico regresa a una susceptibilidad cercana a la original, como consecuencia de la aplicación de otro insecticida que es toxicológicamente diferente.

### **Resistencia múltiple**

Es cuando una población adquiere resistencia a varios insecticidas, de grupos toxicológicamente distintos tanto a aquellos que han sido aplicados, como a otros que no han sido aplicados. En este caso, la población posee varios mecanismos de resistencia en forma simultánea.

Metcalf (1983) define la resistencia múltiple como el resultado de la coexistencia de varios alelos génicos independientes, los cuales inducen mecanismos de resistencia contra insectos no relacionados con diferentes modos de acción y vías de detoxificación. Además indica que lo anterior es provocado cuando las poblaciones se someten irracionalmente a diferentes tipos de insecticidas y que una vez que se indujo a la dominancia de genes involucrados estos permanecen por un largo tiempo.

## Manejo de la Resistencia

El manejo de la resistencia en áreas agrícolas, implica integrar racionalmente, dentro de un control de plagas, el uso de plaguicidas, de manera que se puedan predecir los aumentos y disminuciones de su toxicidad, procurando mantener niveles de susceptibilidad a insecticidas que permitan su uso en el momento oportuno. En la actualidad no se puede decir que exista un manejo de la resistencia, ya que únicamente se han tratado de utilizar algunos métodos de control junto con la aplicación de insecticidas, sin conocimiento pleno de la efectividad de cada uno de ellos. Si entendemos los parámetros bioquímicos, genéticos y ecológicos de la resistencia a insecticidas, podremos utilizar de manera racional el control químico, dentro de un esquema integral para el manejo de insectos plaga (Lagunes y Villanueva, 1995).

En la manifestación de la resistencia en una población de insectos, se ha llegado a la conclusión que está dada por un amplio rango de factores involucrados en ello como son: biológicos, etológicos y de manejo que inducen un grado de selección para desarrollarla. Por su parte los factores de manejo son los únicos que están bajo el control del hombre y a su vez pueden ser manipulados; con base en lo anterior, el manejo integrado de plagas es el único camino más viable para retardar la resistencia, al minimizar el uso de plaguicidas y por ende el desarrollo evolutivo de la misma (Metcalf y Luckmann, 1994). Sin embargo se deben considerar los siguientes aspectos

básicos para manejar de manera adecuada las aplicaciones de insecticidas con respecto a las poblaciones de insectos.

Georghiou (1983) menciona que el grado y velocidad de la resistencia está en función del gen que la confiere, y de la presión a la que se somete una población; además entre más tiempo pase antes de volver a utilizar un determinado insecticida la susceptibilidad es mayor, y el potencial de reversión de la resistencia es pobre si la presión de selección es retirada después de la homocigosis genética. Cuando la resistencia está asociada a una desventaja reproductiva, el momento de alternar un insecticida con otro es más prolongado, dando como resultado que se requiera de un tiempo mayor para que la resistencia se manifieste. Las medidas de manejo de insecticidas para reducir resistencia, son generalmente tres: manejo por moderación, por ataque múltiple y por saturación.

### **Manejo por Moderación**

Cuando se logra la existencia de individuos con genes susceptibles en una población, mediante el uso de dosis bajas de insecticidas las cuales representan un grupo valioso que debe ser observado, ya que a través de la presión de selección la frecuencia génica inicial en una población silvestre se vuelve a favor de la resistencia. De esta manera la aplicación de dosis bajas que puedan matar a los individuos susceptibles; así mismo, la aplicación de

insecticidas con umbrales económicos altos también, permite que se lleven a cabo menos aplicaciones, logrando de esta manera la cobertura total de la población con una menor presión de selección (Georghiou, 1983).

### **Manejo por Saturación**

Es un término muy utilizado sobre todo en aquellos cultivos de alto valor donde se requiere que el daño por insectos sea mínimo, lo cual se va a lograr con aplicaciones y dosis altas de insecticidas, esto no implica la saturación del medio ambiente, pero si la de los mecanismos de defensa de los insectos, mediante cantidades de tóxico que puedan superar la resistencia misma del individuo (Georghiou, 1983).

### **Manejo por Ataque Múltiple**

El término ataque múltiple se refiere a la aplicación de químicos multidireccionales en la presión de selección a corto y largo plazo, tales como los productos inorgánicos cuya acción se extiende a varios sitios del insecto. Artificialmente esto se puede lograr mediante el uso de mezclas y de rotación de insecticidas (Georghiou, 1983).

Cremllyn (1982) señala que el concepto de la rotación de insecticidas como una manera de contrarrestar la resistencia, con esto se supone que los

individuos de una población, pueden ser resistentes a un insecticida pero serán susceptibles a otro y que en un momento dado existe la probabilidad de que se pierda dicha resistencia si los productos son alternados cuando aun no se logre la homocigosis completa respecto a los genes resistentes. De esta manera la rotación de insecticidas consiste en determinar la secuencia lógica para su uso y la etapa en la cual deben hacerse los cambios, considerando aquellos productos que ya exhiben resistencia cruzada positiva.

### **Consideraciones Para Reducir Problemas de Resistencia**

Rodríguez (1983) menciona que el uso de modelos rotacionales de insecticidas en medios donde se requiere de un uso intensivo de insecticidas dicho modelo debe considerar los grupos toxicológicos, además de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ❖ Se deben seleccionar insecticidas que no presenten resistencia cruzada positiva.
- ❖ No se debe aumentar las dosis y el número de aplicaciones de insecticidas, de esta manera se evita el incremento de la presión de selección.
- ❖ Se deben utilizar mezclas solo cuando el complejo de plagas lo amerite.

- ❖ Llevar a cabo aplicaciones aisladas con diferentes insecticidas para evitar aplicaciones totales con un mismo insecticida.
- ❖ No hacer uso excesivo de un solo insecticida durante mucho tiempo, debido a que se puede llegar a la homocigosis de genes que confieren la resistencia.
- ❖ Se debe utilizar en lo posible insecticidas poco residuales.
- ❖ No se deben llevar a cabo aplicaciones por debajo del umbral económico.
- ❖ Todo el control químico debe contemplarse dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del Experimento**

El presente trabajo se llevó a cabo durante los meses de diciembre 1996 hasta marzo de 1997.

El material biológico fue colectado de parcelas de caña de azúcar, en dos regiones, del área de abastecimiento del Ingenio de Puga, una la región del Camichín y la segunda la región del Trigomil, ubicadas en el municipio de Tepic en el Estado de Nayarit.

### **Productos Utilizados**

Se evaluaron nueve plaguicidas los cuales pertenecen a cuatro grupos toxicológicos diferentes, que son utilizados comúnmente para el control de plagas del suelo. Todos fueron de formulación en grado técnico, estos productos fueron donados por VERSA de la Laguna, FMC Agroquímica de México SRL de C.V. y Rhone Poulenc Agro, de México. El Cuadro 3.1 muestra los productos y grado técnico de cada uno de ellos.

Cuadro 3.1 Nombre común, grado técnico y grupo toxicológico, de los insecticidas utilizados en el presente estudio.

<b>INSECTICIDA NOMBRE TÉCNICO</b>	<b>GRADO TÉCNICO DEL i.a.</b>	<b>GRUPO TOXICOLOGICO</b>
<b>clorpirifos</b>	<b>97.5</b>	<b>fosforado</b>
<b>diazinon</b>	<b>98.5</b>	<b>fosforado</b>
<b>ethoprop</b>	<b>67.5</b>	<b>fosforado</b>
<b>paration metílico</b>	<b>80.0</b>	<b>fosforado</b>
<b>carbofuran</b>	<b>85.0</b>	<b>carbámico</b>
<b>carbosulfan</b>	<b>25.0</b>	<b>carbámico</b>
<b>bifentrina</b>	<b>45.5</b>	<b>piretroide</b>
<b>permetrina</b>	<b>98.0</b>	<b>piretroide</b>
<b>endosulfan</b>	<b>95.0</b>	<b>clorado</b>

Tomando en cuenta el porcentaje de pureza de los insecticidas se prepararon las diluciones en partes por millón (ppm), empleando como solvente acetona industrial purificada y las cantidades de material técnico correspondientes a cada insecticida para obtener una cantidad de 25 ml a una concentración de 50,000 ppm (solución madre); las presentaciones fueron pesadas en una balanza analítica desde 0.0001 hasta 160 g y para las líquidas se tomaba el material utilizando pipetas de 1 ml 1/100. A partir de esta solución se prepararon varias diluciones de 5 ml con concentraciones abajo de la solución madre; dichas diluciones se prepararon con la ayuda de pipetas de 1, 2, y 5 ml principalmente, las cuales se ponían en frascos goteros de color ámbar previamente etiquetados; una vez que se utilizaban se cubrían con papel aluminio y se mantenían en un lugar fresco y seco, para sí en caso necesario de volver a utilizarlos estuvieran en buenas condiciones.

Una vez que se tuvieron las diluciones de cada uno de los insecticidas, previo al bioensayo, se corrieron estos con dosis bajas y altas de los diferentes insecticidas involucrados, para con esto obtener mortalidades que oscilaran entre el 16 y 84 por ciento. En todos los insecticidas fue necesario afinar dosis después de haber realizado el bioensayo preliminar, esto con el objetivo de obtener intervalos de mortalidad lo más corto posible y al mismo tiempo que se eliminaban las dosis que presentaban 0 y 100 por ciento de mortalidad. Cabe señalar que en todos los bioensayos se tuvo un testigo al cual solo se le aplicó solvente, con el mismo número de individuos que se metían en cada dosis 12 para la región del Camichin y 15 para la región del Trigomil.

### **Ventana Biológica**

Primeramente con el fin de determinar el criterio de muerte y conocer los rangos en dosis de los tóxicos a utilizar en la investigación, además de estimar el manejo que deberían de recibir las larvas en el laboratorio se llevó a cabo un bioensayo para lograr dicho objetivo, el cual es denominado ventana biológica.

La metodología para lograr lo antes mencionado en las larvas de *P. laza* en el laboratorio, se llevaron a cabo colectas de material biológico procedentes de la región del Camichin, dicho material fue trasladado al laboratorio de "gallina ciega" del Ingenio de Puga en la Ciudad de Fco.I. Madero, Nayarit.

Las larvas que eran colectadas en campo, se colocaban de manera individual en vasos de plástico que contenían tierra de las mismas cepas de donde se colectaban, estos vasos se ponían en hieleras y se tapaban para evitar deshidratación de las larvas por el sol.

Una vez que las larvas llegaron al laboratorio se formaron siete grupos de 20, a las cuales se les aplicaron las dosis que iban desde las 50,000 hasta las 5,000 ppm de paratión metílico y usando como solvente la acetona purificada, el método de aplicación fue aplicación tópica en el dorso de la larva; posteriormente después de la aplicación las larvas quedaban en los mismos vasos de manera individual pero con una poca de tierra húmeda, enseguida se acomodaban los vasos y se tapaban con un plástico de color negro para evitar un posible daño por la luz. Luego a las 12 y 24 hr después de la aplicación del insecticida, se observaron para hacer las anotaciones de los síntomas que cada una de ellas presentaban hasta alcanzar la muerte, cabe hacer mención que hubo un grupo de larvas a las que solo se le aplicó el solvente (testigo) para poder tener un punto de comparación de la evolución que fueron teniendo las larvas aplicadas con el tóxico.

## Bioensayos

Una vez que se determinó el criterio de muerte se procedió a llevar a cabo los bioensayos para poder obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad así como las  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  de las poblaciones para las dos regiones.

Para poder llevar a cabo los bioensayos durante los meses de diciembre 1996 a marzo de 1997, se hicieron colectas de larvas de *P. lalanza* Saylor de tercer estadio las cuales se trasladaron al laboratorio de "gallina ciega" del Ingenio de Puga en la Ciudad de Fco.I.Madero, Nayarit, éstas se seleccionaron de acuerdo a su tamaño y desarrollo y así poder tener una población lo más homogénea posible. Después las larvas se pesaban de manera individual para tener una referencia de peso de cada población que llegaba al laboratorio, los bioensayos se corrían el mismo día de la colecta o bien máximo dos días después.

La técnica utilizada para llevar a cabo los bioensayos fue la de la aplicación tópica, la cual consiste en depositar un microlitro de una mezcla de un solvente determinado más una cantidad de tóxico conocida, aplicada esta en la región dorsal del tórax utilizando un microaplicador.

Con el fin de proteger a las larvas de un posible daño por luz, los vasos se cubrían con un plástico negro.

Los datos de mortalidad se tomaron 24 hr después de haber aplicado las diluciones de cada dosis de insecticida, dándose por muerta toda aquella larva que presentaba poca movilidad o bien aquellas que tuvieran una coloración negra junto con una pérdida de líquidos (daño muy severo).

La aplicación de los tratamientos se realizó con la ayuda de un microaplicador de 500 microlitros, con el cual se extraían las cantidades necesarias de cada dilución contenidas en los frascos, siempre procurando que esto se hiciera primeramente con el testigo; es decir, con la pura acetona y posteriormente empezar con las dosis más bajas para evitar contaminación con las dosis más altas. Después se procedió a la aplicación por larva poniendo un microlitro( $\mu$ l) en el dorso de cada una de ellas, en cada dosis.

Por otro lado cabe señalar que los bioensayos que se llevaron a cabo para obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad, de las dos regiones constaron de un número variado de dosis dependiendo de la susceptibilidad de cada población. Así como para poder tener una mayor confiabilidad en los datos se corrieron los bioensayos un promedio de cuatro ocasiones para las poblaciones de la región del Camichin y un promedio de dos para las poblaciones de la región del Trigomil, aclarando que las dosis fueron las mismas.

## Análisis Estadístico de la Información

Los datos de mortalidad obtenidos para cada uno de los productos fueron procesados con el método de análisis probit, utilizando el programa de computadora "Análisis Probit" versión 1.0 (Camacho, 1991), con el cual se obtuvieron todos los datos necesarios para poder dar una explicación estadística y bien fundamentada de ellos; cuyos datos más importantes para dicha explicación son: DL<sub>50</sub>, DL<sub>95</sub>, límites fiduciales y las líneas de respuesta dosis-mortalidad las cuales fueron graficadas en hojas de papel logaritmo-probit.

Posteriormente, se obtuvieron los valores de chi cuadrada ( $X^2$ ) para con ello obtener las bondades de ajuste y después tener los valores de coeficientes de correlación ( $r^2$ ) y con ello determinar la confiabilidad de los datos de laboratorio y de los resultados generados por el programa de computadora (Probit Computarizado).

Finalmente con los datos obtenidos en las dos regiones, se logró inferir en el grado de susceptibilidad de cada región, permitiendo con ello poder establecer la proporción de la susceptibilidad entre regiones utilizando la siguiente fórmula:

$$PS = \frac{DL_{50} \text{ MAS ALTO}}{DL_{50} \text{ MAS BAJO}}$$

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Criterio de Muerte**

Con el objetivo de poder establecer una secuencia lógica y que permita entender de la mejor manera los resultados de la presente investigación, primeramente se describe la sintomatología que se presentó en las larvas de *P. lalanza* en el bioensayo previo mediante el cual se estableció el criterio de muerte, con las larvas a las 24 hr después de la aplicación los tratamientos con el insecticida paratión metílico para establecer la "Ventana Biológica". De los cuales se observó la siguiente sintomatología:

a) Inicialmente a las seis horas aproximadamente después de la aplicación, las larvas perdieron la movilidad; lo anterior era comprobado cuando se les estimulaba tocándolas con unas pinzas de disección y comparando los resultados con los testigos, las cuales rápidamente responden al estímulo.

b) A las 12 horas después de la aplicación las larvas pierden por completo la movilidad; y empiezan a perder una cantidad considerable de líquidos ocasionado por una fuerte excreción y una excesiva regurgitación.

c) En las 18 horas posteriores se observa con claridad que las larvas dañadas por el tóxico pierden su forma y tamaño normal característica de la especie, observándose que se encogían, debido a la fuerte pérdida de líquidos; además de que ya se observa algunos individuos con manchas necróticas.

d) A las 24 horas prácticamente las larvas que mostraron la sintomatología mencionada, su tamaño normal es muy reducido, y presentan el cuerpo totalmente necrosado, en ocasiones llegando a desintegrarse algunas de ellas cuando se trataba de moverse con pinzas de disección.

Los resultados que se observaron a las 24 hr, fueron la base del criterio de muerte en los bioensayos consecutivos, es decir; larvas con tamaño reducido, y necrosadas que no respondían a ningún estímulo.

### **Resultados de Bioensayos**

A continuación se discutirán los resultados de los bioensayos realizados, haciendo dicha discusión de lo general a lo particular, al considerar los resultados de las poblaciones en las dos regiones en estudio, el Trigomil y el Camichín. Por lo tanto la secuencia que se utilizará para expresar de la mejor manera los resultados es la siguiente: valores de la dosis letal media ( $DL_{50}$ ) la presentación de sus límites fiduciales, la dosis letal al 95 por ciento ( $DL_{95}$ ), las líneas de regresión dosis-mortalidad y su tendencia, y por último las

proporciones de susceptibilidad entre las poblaciones de las regiones en estudio.

El cuadro 4.1 muestra los resultados obtenidos para una serie de seis insecticidas, con los cuales no se logró obtener líneas de respuesta dosis-mortalidad a pesar de que se aplicaron dosis muy altas las cuales llegaron a ser de 50,000 ppm sin lograr matar una sola larva. La explicación que puede tener el hecho de que existen estos datos, pudiera ser, que en los últimos años precisamente este grupo de insecticidas sin respuesta ha tenido un uso más generalizado para el control de esta especie, logrando desarrollar, mecanismos de resistencia capaces de desintegrar esas moléculas sin que le causen ningún daño al insecto. Además si a esto se le suma que el peso promedio de cada larva es demasiado alto llegando en promedio a ser de 3.5 g., y por lo tanto esta especie posee de manera natural la capacidad de detoxificarse en forma fácil, necesitando dosis más elevadas de productos para matarlas, es decir que su vigorosidad natural, les ayuda a soportar dosis de insecticidas que para otras especies son letales.

Entonces la combinación de caracteres con vigorosidad natural, dada por su peso y por su habilidad para generar tolerancia a los insecticidas, hacen de esta especie capaz de sobrevivir a dosis muy altas de estos productos, lo cual fue demostrado en los bioensayos para la siguiente serie de productos, dentro de los fosforados el clorpirifos, diazinon y ethoprop; carbámicos como el

carbofuran; piretroide la piretrina y clorados el endosulfan, son incapaces de matar un solo individuo a dosis tan altas como 50,000 ppm. Sin embargo para otros productos de estos mismos grupos toxicológicos como son, fosforados, carbámicos y piretroides si se logró efecto sobre *P. lalanza*, y con ello se logra establecer una línea de respuesta dosis-mortalidad. Esto quiere decir, que los sistemas metabólicos responsables de la resistencia a estos insecticidas sin efecto son específicos para cada uno de ellos por las características de sus moléculas.

Cuadro 4.1. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor expuestas a varios insecticidas, en poblaciones de las regiones de Trigomil y Camichín; Tepic, Nayarit.

PRODUCTO	(gr./larva)	ppm	$\mu\text{g/g}$	Número de Individuos	
				● observados	● muertos
clorpirifos	3.66	(5-50 mil)	(1.36-13.6)	20	00
diazinon	3.33	(5-50 mil)	(1.50-15.0)	20	00
carbofuran	3.17	(5-50 mil)	(1.57-15.7)	20	00
permetrina	2.98	(5-50 mil)	(1.67-16.7)	20	00
endosulfan	3.49	(5-50 mil)	(1.43-14.3)	20	00
etropophos	3.46	(5-50 mil)	(1.45-14.4)	20	00

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron para los productos: bifentrina, carbosulfan y paration metílico, en los cuales si se logró establecer las líneas de respuesta dosis-mortalidad, para cada uno de ellos.

Con respecto a la  $DL_{50}$  de los insecticidas evaluados, el cuadro 4.2 muestra los resultados que se obtuvieron para las poblaciones de la región del Trigomil. Primeramente se observa que las poblaciones de *P. lalanza* son más susceptibles a la acción del insecticida paratión metílico ya que solo se requiere una cantidad de 1.0934  $\mu\text{g/g}$  para matar el 50 por ciento de la población; no siendo la misma respuesta para los insecticidas bifentrina y el carbosulfan, de los cuales las cantidades requeridas para lograr eliminar ese 50 por ciento de la población son mas altas con respecto a las dosis de paratión metílico, y sus valores se expresan en 7.3534 y 6.6636  $\mu\text{g/g}$  respectivamente. Debido a lo anterior se establece que el fosforado paratión metílico es estadísticamente diferente al piretroide y el carbámico; pero por el contrario en estos dos últimos, sus límites fiduciales se traslapan fuertemente, lo cual se aprecia con claridad en la Figura 4.1, considerándose por ello que estadísticamente tienen el mismo comportamiento, y por lo tanto son iguales, ubicándolos en su respuesta como un solo grupo.

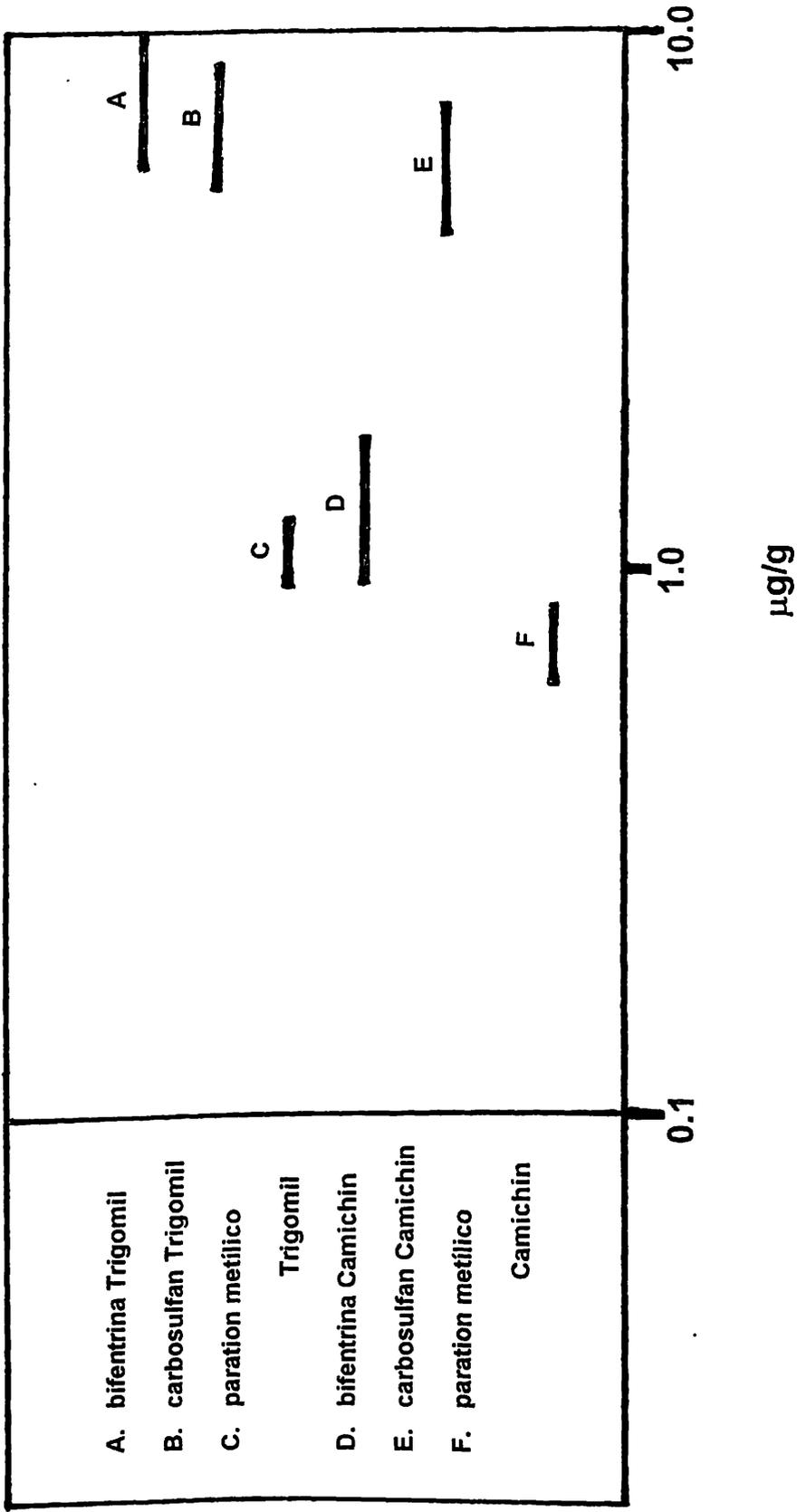


Figura 4.1.- Valores de DL<sub>50</sub> y Límites fiduciales de los Insecticidas Evaluados en larvas de Tercer Estadio de *Phyilophaga lalanza* Saylor, Tepic, Nayarit. 1997.

Cuadro 4.2. Valores de DL<sub>50</sub>, límites fiduciales y DL<sub>95</sub> de los insecticidas evaluados en larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor de las poblaciones del Trigomil, Tepic; Nayarit.

PRODUCTO	μg/g		
	DL <sub>50</sub>	Límites Fiduciales (95%)	DL <sub>95</sub>
		inferior-----superior	
bifentrina	7.3534	(5.6472----9.9535)	41.1579
carbosulfan	6.6636	(5.1419---8.7316)	34.1922
paration metílico	1.0934	(0.9664---1.2652)	2.4281

Con respecto a las DL<sub>95</sub> el insecticida paratión metílico es el que sigue presentando la mejor eficiencia ya que con solo 2.42 μg/g se logra matar el 95 por ciento de la población en tanto que la bifentrina y el carbosulfan presentan unas DL<sub>95</sub> con respecto al anterior muy altas, ya que son de 41.5 y 34.19 μg/g respectivamente; es probable que dicha diferencia se deba a que en los últimos 10 años el producto que se ha venido usando con más frecuencia para controlar *P. lalanza* es el carbofuran por lo que se supone que las poblaciones han desarrollado mecanismos de resistencia que les permite detoxificarlos eficientemente al menos al carbosulfan debido a que son moléculas muy parecidas e inclusive del mismo grupo toxicológico; por otro lado en lo que se refiere a la bifentrina la literatura menciona que en ocasiones los carbámicos y los piretroides comparten mecanismos de resistencia, especialmente las hidrolasas (Lagunes y Villanueva, 1995), las cuales en un momento dado

logran partir las moléculas de estos insecticidas haciéndolas atóxicas al insecto; y si a esto le sumamos que en las décadas pasadas los insecticidas de los grupos clorados eran de uso generalizado para el control de este tipo de plagas, y que dichos insecticidas son del mismo modo de acción; entonces por consecuencia tendremos que aumentar fuertemente las dosis del este insecticida para poder matar las poblaciones de *P. lalanza*.

El cuadro 4.3 muestra los resultados de las  $DL_{50}$  cuando se utilizaron los insecticidas para las poblaciones de la región del Camichín. De igual manera que en la región anterior, se observa que las poblaciones de gallina ciega son también más susceptibles a la acción del insecticida fosforado paration metílico del cual se requiere una cantidad de  $0.7535 \mu\text{g/g}$  para matar el 50 por ciento de la población, aunque cabe señalar que en esta región la respuesta de las larvas para el caso de la bifentrina es muy parecido a la del fosforado, requiriéndose cantidades de  $1.3602 \mu\text{g/g}$  para lograr la dosis letal media; pero sin llegar a comportarse estadísticamente iguales. Por su parte el comportamiento de las poblaciones con respecto al carbosulfan fue negativo, ya que se requieren altas dosis para matar el 50 por ciento de la población de igual manera que en la región anterior, ya que se necesitó  $5.62 \mu\text{g/g}$ . Con referencia a los límites fiduciales de cada uno de los insecticidas, caso contrario a los de la región anterior, en esta ocasión ninguno de los tóxicos se traslapan entre ellos por lo que determina que son estadísticamente diferentes entre sí (Figura 4.1).

En una comparación global de los  $DL_{50}$  y sus límites fiduciales en los productos de ambas regiones (Trigomil y Camichín), se puede ver claramente que las larvas de Camichín fueron más susceptibles a todos los insecticidas donde sobresale el paration metílico, producto que a su vez es el mejor en el Trigomil aunque son diferentes entre sí; por lo que respecta al bifentrina en Camichín ofrece resultados muy buenos, pero en el Trigomil los resultados son no significativos igual a los obtenidos con carbosulfan para ambas regiones son estadísticamente iguales.

Cuadro 4.3. Valores de  $DL_{50}$ , límites fiduciales y  $DL_{95}$  de los insecticidas evaluados en larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor de poblaciones de Camichín; Tepic, Nayarit.

TRATAMIENTO	$\mu\text{g/g}$		
	$DL_{50}$	Límites Fiduciales (95%) (inferior-----superior)	$DL_{95}$
Bifentrina	1.3602	(0.9760---1.8133)	6.2126
Carbosulfan	5.6212	(4.2847----7.2256)	20.4492
paración metílico	0.7535	(0.6338----0.8735)	1.6625

Con respecto a las  $DL_{95}$  el comportamiento de los insecticidas en las larvas de tercer estadio de esta región, el paration metílico se observa con claridad que sigue presentando la misma tendencia a requerir, dosis bajas para el control de la plaga, ya que solo se requiere de 1.6625  $\mu\text{g/g}$ , por otro lado

podemos ver que la bifentrina se comporta de una manera diferente a la anterior región del Trigomil, ya que ahora solo se requiere de 6.2126  $\mu\text{g/g}$  en tanto que para el Trigomil llegó a ser de 41.15  $\mu\text{g/g}$ ; la razón por la cual se estén dando estos resultados pudiera ser que en esta región el uso de los insecticidas para el control de la plaga es menos frecuente en esta región, ya que en ocasiones el productor simplemente no realiza ninguna aplicación, esto ocasiona que las poblaciones en esta región tengan una menor presión de selección y que además aquí no se tenga el mecanismo que confiere la resistencia a este insecticida.

Sin embargo para el caso del carbofosulfan el comportamiento es casi igual en ambas regiones, posiblemente esto se deba, a que aún cuando la presión de selección inducida por el carbofosulfan es menor por el número de aplicaciones que se realizan para el caso del Camichín con este producto, las larvas han desarrollado algún mecanismo de resistencia capaz de degradar la molécula de carbofosulfan y la del carbofosulfan por ser moléculas casi iguales y del mismo modo de acción.

Los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) que se presenta en los cuadros 4.4 y 4.5, son aceptables y que llegan a ser mayores 0.99 y los más bajos 0.98, lo que demuestra que los resultados de los bioensayos presentan un excelente ajuste para trazar una línea casi perfecta, por lo que se tiene una alta

confiabilidad de los estudios de laboratorio para explicar la tolerancia o la susceptibilidad de las poblaciones de *P. lalanza* en las dos regiones en estudio.

A su vez en estos cuadros se presentan los resultados de las pruebas de bondad de ajuste de chi cuadrada ( $X^2$ ) tanto para las poblaciones de las dos regiones en los que se expresaron valores muy bajos lo anterior indica que los puntos de mortalidad observada con respecto a la mortalidad esperada presentaron muy poca variación, lo que indica que se tienen una probabilidad 99 por ciento de confianza en la respuesta de las poblaciones de *P. lalanza*, en todos los biensayos. Esto significa que de cada 100 veces que se repita el experimento, se tendrá una seguridad de que en 99 veces se tendrán resultados similares. Lo anterior es reforzado por el alto número de dosis que se evaluaron y que en general los grados de libertad oscilan entre 5 y 6.

Cuadro 4.4. Coeficientes de determinación y chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas en larvas de tercer estadio *Phyllophaga lalanza* Saylor para las poblaciones de la región del Trigomil, Tepic, Nayarit.

Tratamiento	$r^2$	$X^2$	G.L	P
bifentrina	0.9866	0.0384	6	0.999
carbosulfan	0.9931	0.4015	6	0.995
paratión metílico	0.9889	0.0387	6	0.999

Cuadro 4.5. Coeficientes de determinación y chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas en larvas de tercer estadio *Phyllophaga lalanza* Saylor para las poblaciones de la región del Camichín, Tepic, Nayarit.

Tratamiento	$r^2$	$\chi^2$	G.L	P
bifentrina	0.9866	0.1116	5	0.999
carbosulfan	0.9931	0.1612	5	0.999
paratión metílico	0.9889	0.1036	5	0.999

De acuerdo con los resultados obtenidos de las poblaciones de *P. lalanza* en las regiones de estudio expuestas al control químico y sobre todo basándose en las dosis letales medias ( $DL_{50}$ ), se calcularon las proporciones de susceptibilidad de las poblaciones de *P.lalanza* para cada uno de los insecticidas tomando de base aquellas que manifiestan un más alto  $DL_{50}$ , estos resultados se muestran en el cuadro 4.6.

Cuadro 4.6. Proporciones de susceptibilidad de poblaciones de larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor expuestas al control químico de dos regiones en estudio (Trigomil y Camichín), Tepic, Nayarit.

TRATAMIENTO	TRIGOMIL	CAMICHIN	PS *
	$DL_{50}$	$DL_{50}$	
bifentrina	7.3534	1.3602	5.44
carbosulfan	6.6636	5.6212	1.18
paratión metílico	1.0934	0.7535	1.45

\* PROPORCIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD

Cabe señalar en forma general que es muy claro que las larvas provenientes de la región de Trigomil demandan mayor cantidad de insecticida para lograr mismos niveles de mortalidad lo que indica que para los tres productos aunque sean de grupos toxicológicamente distintos, las larvas presentan habilidades para tolerar mayor cantidad de dosis, esto quizá ha influido porque es una área donde las aplicaciones de químicos son mayores que las larvas que provienen de Camichín que resultaron por ende con mayor susceptibilidad a los tóxicos.

Al respecto las poblaciones de *P. lalanza* que han desarrollado más tolerancia a los productos, en orden de importancia son: bifentrina 5.44X y el carbosulfan 1.18X. Estos resultados podrían ser un poco contradictorios, debido a que estos productos son prácticamente nuevos y nunca se han utilizados en la zona para el control de esta plaga, y por tanto sería lógico pensar que deberían ser productos con niveles de tolerancia muy bajos, entonces todo hace suponer que las poblaciones han desarrollado resistencia cruzada positiva hacia estos productos, y que aún sin haber estado en contacto con el insecto, presente mecanismos de detoxificación en contra de estos dos productos, debido principalmente a que en los últimos años el insecticida que más se utiliza para el control de esta especie es el carbofuran, lo que provoca que el carbosulfan siendo una molécula muy similar, hace que el insecto la degrade con facilidad, y por lo tanto los niveles de  $DL_{50}$  para ambas regiones sea muy parecido ya que para los individuos de Trigomil el valor es de 6.66

$\mu\text{g/g}$  en tanto que para las de Camichin fue de  $5.62 \mu\text{g/g}$  y que para el propio carbofuran como ya se citó anteriormente no se logró matar larvas de estas poblaciones aún con dosis de 50,000 ppm, por otro lado si tomamos en cuenta que anteriormente al uso del carbofuran, los insecticidas clorados eran muy utilizados en contra de este tipo de plagas, entonces es claro pensar que *P. lalanza* posee sistemas de detoxificación que se generaron para ellos que en esta ocasión están afectando a la bifentrina y obvio en mayor grado a la permetrina que aun con 50,000 ppm no se registró mortalidad de individuos.

En general se observa que los niveles más bajos de insecticida para matar el 50 por ciento de la población los encontramos con el paration metílico, producto que poco se utiliza para el control de este tipo de plagas, demostrando con ello ser la molécula que presenta la mayor eficiencia para combatir a este insecto plaga y por lo tanto ofrece una buena alternativa para el combate químico, este producto es un fosforado como el clorpirifos, diazinon y etropophos que sin embargo no dieron ningún resultado positivo en el combate de *P. Lalanza* quizá influenciado porque son productos de uso común para el combate de gallina ciega en estas regiones, la diferencia en cuanto a su composición química es que el clorpirifos y el diazinón son heterociclicos y el ethoprop que es un alifático en tanto que el paration metílico es un fenílico, esto pudiera ayudar a buscar alternativas de combate químico evaluando productos con las mismas características químicas y por lo tanto donde los

mecanismos de resistencia pudieran compartirse en este subgrupo de los fosforados.

Con respecto a las posiciones de las líneas de respuesta dosis-mortalidad encontramos que las posiciones de las respuestas de las larvas provenientes de Trigomil tienden más a la recta; esto es debido a que como ya se señaló es un área donde se aplican cada año muchos insecticidas y por ende la presión de selección es mayor y provoca que la heterogeneidad sea menor. En tanto que las líneas obtenidas para las larvas de Camichín indica que estas tienden a tener una posición menos vertical, esto por su parte comprueba que en lo general las poblaciones presentan más heterogeneidad, debido a que las aplicaciones de insecticidas para combatir esta plaga son más irregulares y de forma más bien esporádica (Figura 4.2).

Por último en virtud de los altos niveles de resistencia mostradas a productos de cuatro grupos toxicológicos, que a 50,000 ppm no mataron larvas de *P. lalanza* y a que en dos de los productos con los que se logró obtener líneas de respuesta dosis-mortalidad, y las  $DL_{50}$  fueron muy altas se considera prudente confirmar estudios en esta región con productos sinergistas para poder establecer las causas fisiológicas de los altos niveles de resistencia que en estas líneas se encontró.

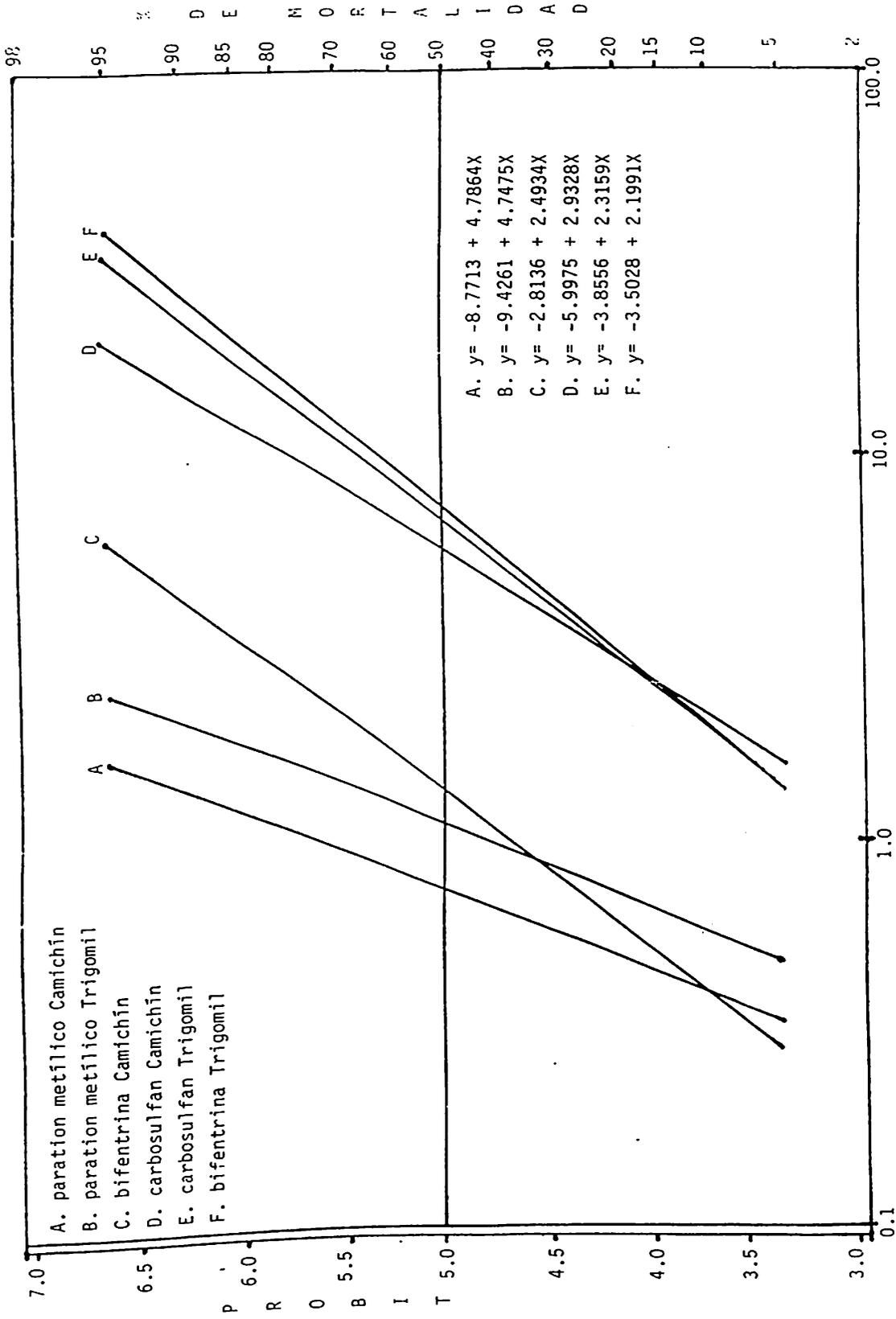


Figura 4.2.- Líneas de Respuesta Dosis-Mortalidad y Ecuaciones de Predicción en Larvas de Tercer Estadio de *Phyllophaga Ialanza Saylor* a Insecticidas de dos Regiones en Estudio, Tepic, Nayarit. 1997.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Los productos clorpirifos, diazinon y ethoprop (fosforados), carbofuran (carbámico), permetrina (piretroide) y endosulfan (clorado) son altamente ineficientes para combatir larvas de *Phyllophaga lalanza*, ya que a dosis de 50,000 ppm no mataron ninguna larva.

Se logró establecer las líneas de respuesta dosis-mortalidad solo para los siguientes productos: paration metílico (fosforado), bifentrina (piretroide), y carbofuran (carbámico) para las dos regiones en estudio.

Con respecto al nivel de susceptibilidad el único producto que ofrece niveles aceptables de control de *P. lalanza* es el paratión metílico y con  $DL_{50}$  de 1.09 y 0.75  $\mu\text{g/g}$  para las regiones de Trigomil y Camichín respectivamente y por tanto es el que al momento debe utilizarse. La bifentrina en la región de Camichín también ofrece buenos resultados con  $DL_{50}$  de 1.36  $\mu\text{g/g}$ .

Tomando en cuenta los resultados, y al analizar la poca respuesta que las larvas de *P. lalanza* demostraron, se concluye que las poblaciones tienen un alto grado de homocigosis; con esto se quiere decir, que las poblaciones de donde se han tomadas van a manifestar un bajo grado de susceptibilidad, por lo que debe trabajar con algunas otras alternativas para su control, tales como el uso de sinergistas en combinación con el uso de tóxicos.

## RESUMEN

Con el fin de generar en México los primeros datos toxicológicos dosis-mortalidad, además de poder generar información de valiosa calidad para establecer un mejor control químico sobre las larvas de *Phyllophaga lalanza* Saylor, insecto que puede causar pérdidas totales en el cultivo de caña de azúcar en las áreas de producción del Estado de Nayarit.

La presente investigación tuvo por objetivo principal determinar los niveles de susceptibilidad de *P. lalanza* a nueve insecticidas de cuatro grupos toxicológicos (fosforados, carbámicos, piretroide y clorados).

Se colectaron larvas de *P. lalanza* de tercer estadio larvario de parcelas dañadas en dos regiones, una la región del Camichín y la otra la región del Trigomil, todas procedentes de áreas expuestas al control químico, al menos durante los últimos seis años, los cuales han sido de mayor problema en el cultivo de la caña de azúcar.

Los bioensayos se llevaron a cabo durante los meses de diciembre de 1996 de ahí hasta marzo de 1997. Primeramente se realizaron bioensayos para determinar los rangos en donde se movían las poblaciones, así poder

determinar el criterio de muerte al mismo tiempo poder establecer el manejo de las larvas en el laboratorio (ventana biológica); después la siguiente fase de la investigación consistió en realizar los bioensayos para obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad en poblaciones bajo presión de selección en un período de al menos 20 años atrás.

Los bioensayos se realizaron mediante la técnica de aplicación tópica. Una vez realizadas las aplicaciones de las diferentes dosis de cada insecticida de los nueve involucrados en el presente trabajo, las larvas fueron depositadas en vasos de plástico, con una poca de tierra húmeda de manera individual para evitar que se dañaran unas con otras, ya que existe canibalismo entre ellas; posteriormente se taparon con un plástico negro para evitar daño por la luz a temperatura ambiente. Después a las 24 horas de aplicados los tratamientos se tomaron los datos de mortalidad correspondientes a cada dosis de los diferentes insecticidas. Cabe señalar que siempre contó con un testigo al que solo se le aplicó un microlitro del solvente usado para las diluciones de los tóxicos y que además en todos los bioensayos que se llevaron a cabo en todo el desarrollo de la investigación nunca se tuvo muerte en ninguno de los testigos. Posteriormente los datos obtenidos en el laboratorio fueron analizados mediante el método de análisis **Probit**, con el uso del programa de computadora **PCPROBIT** versión 1.0.

En las dos regiones en estudio se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las  $DL_{50}$  de cada población monitoreada y de esta manera, poder determinar los niveles de susceptibilidad de *P. lalanza* a los diferentes insecticidas involucrados en la presente investigación. Con esto se pudo determinar, que para todos los insecticidas evaluados *P. lalanza* ha desarrollado niveles de tolerancia demasiado altos, siendo mas marcados estos niveles en los insecticidas tales como: diazinón, carbofuran, clorpirifos, etropophos, endosulfan y permetrina. de los cuales las dosis utilizadas fueron demasiado altas, y las mortalidades del 0 por ciento.

Por otro lado para los insecticidas paration metilíco, bifentrina y carbosulfan, las poblaciones se muestran menos tolerantes en el siguiente orden: paratión metilíco, bifentrina y carbosulfan.

Debido a lo anterior, se puede hacer notar, que la pérdida de susceptibilidad observada en las larvas de *P. lalanza*, es catalogada como alta, provocado esto por la poca diversidad genética de las poblaciones; es decir que se trabajó con poblaciones con alta homocigosis, sin descartar la existencia de individuos heterocigotos; de ahí la diferencia de los niveles de las  $DL_{50}$  entre las poblaciones de cada una de las regiones y al mismo tiempo entre las poblaciones de una misma región; quedando muy claro la tendencia evolutiva de la tolerancia que ha desarrollado las poblaciones *P. lalanza*, en parte se

debe al mal uso de los insecticidas utilizados en los últimos años para su control.

Al analizar los resultados de la presente investigación, se hacen las siguientes sugerencias:

- ❖ Que al menos en los dos años siguientes para el control químico de las larvas de *P. lalanza* en campo solo se utilice el paration metílico.
- ❖ Realizar investigaciones consecuentes donde se involucren productos sinergistas para detectar mecanismos de resistencia posible, y de esta manera correr las líneas de respuesta dosis-mortalidad más al origen.
- ❖ Realizar al menos cada tres años este tipo de estudio para ver en que rangos de tolerancia se mueven las poblaciones, y de esta manera poder establecer mejores estrategias de control químico.

## LITERATURA CITADA

- Abd-Elghafar and S. F Appel, A. G. 1992. Sublethal effects of insecticides adult longevity and fecundity of german cockroaches (Dyctioptera:Blatellidae). USA.
- Alavez, R: L. 1991. Eficacia en la treflutrina 1.0% G (Force 5) formulado en diatomita para el control de plagas rizofagas en maíz de temporal. XXVII Congreso de Entomología. S.L.P. México. Abril 1992. Memorias. pp 288-289.
- Bond, E. J. 1973. Chemical control of stored grain. Insect and mites grain storaged part of a system. Sinh Muir. The Avi Publising. Co. USA. Capltulo VI 6 pp. 137-179.
- Brown, A. W. 1960. Mechanics of resistance against insecticides. Ann. Rev. Entomol. 5: 301-319. USA.
- Camacho, C. S. 1991. Programa Probit Computarizado. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Cremlym, R. J. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. LIMUSA. México. 335 p.
- Dauterman, W. C and N, Motoyama. 1974 The Role pf Monooxidative Metabolism in Organophosphorus Resistance. J. Agri. Food. Chem. 22(3): 350-356
- Georghiou, G. P. 1965. Genetic studies on insecticides resistance. Adv. Pest. Control Res. 6: 171-230. USA.
- Georghiou, G. P. 1983. Management of resistance in arthropods In: Geroghiou, G. P. and Saito Eds. Pest Resistance to pesticides. Plenum Press. New York. p: 131-140. USA.
- Georghiou, G. P. and Lagunes, T.A. 1991. The ocurrence of resistance to pesticides in Arthropods. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1991. p-318.

- Gerald, J. L. and Laarman, J. J. 1967. Behavior responses to contact with DDT in *Anopheles atroparvus*. Nature 215: 518-520. USA.
- Gould, F. 1984. Role of the behavior in the evolution of insects adaptation to insecticides and resistant host plants. Bull Entomol. Soc. Am. 30: 3-41. USA.
- Guerra, J. y Quiros, E, 1990. Problemática de *Phyllophaga spp* en el Salvador. Biología y Control de *Phyllophaga spp*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1996. 132p.
- Guerrero, R. E. 1992. Variación de la resistencia en larvas de *Phthorimaea perculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) a través de generaciones sucesivas libres de exposición a insecticidas. Tesis de Doctorado ITESM. Monterrey N.L México. 105 p.
- Hama, H. and T, Iwata. 1972. Insensitivity of cholinesterase in *Nephotettix cincticeps* resistant to carbamates and organophosphorates insecticides. J. Econ. Entomol. 73 (2): 189-192. USA.
- Hama, H. 1983. Resistance to insecticides due reduced sensitivity of acetylcholinesterase In: Geroghiou, G.P and T Saito. Eds. Pest. Resistance to Pesticides. Plenum Press New York, pp. 229-331.
- Haynes, K. F. 1988. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. Annu. Rev. Entomol. 33: 149-168. USA.
- Lagunes, T. A y J. C, Rodríguez. 1985. Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas. III Curso sobre el manejo racional de insecticidas dentro del control integrado. Soc. Mex. de Entomología; Colegio de Postgraduados y UACH. Chapingo, México. 187 p.
- Lagunes, T. A y Villanueva, J. J. A. 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México. 264 p.
- Lastres, L. 1996. Incidencia de *Phyllophaga spp* en Honduras. Biología y control de *Phyllophaga spp*; CATIE. Turrialba Costa Rica 1996. pp 8-15
- León, R. 1996. Problemática de *Phyllophaga spp* en Costa Rica. Biología y Control de *Phyllophaga spp*; pp 24-32. CATIE. Turrialba, Costa Rica 1996.

- Loera, G. J. 1992. Insecticidas aplicados a semillas de sorgo para el control de "Gallina Ciega" *Phyllophaga crinita* Burr (Coleoptera: Melolonthidae). XXVII Congreso Nacional de Entomología. S.L.P. Memorias. pp 286-287.
- Loockwood; et al. 1984. Evolution of insect resistance to insecticides. A reevaluation on the roles of physiology and behavior. Bull. Entomol. Soc. Amer. 30(4): 42-51.
- Matsumura, F. 1985. Toxicology of insecticides. 2da edition. Plenum Press. New York. USA. 598 p.
- Méndez, E. R., Rodríguez A, H. y Tounder, F. 1996. Problemática de "gallina ciega" (*Phyllophaga* spp) en Nicaragua. Biología y Control de *Phyllophaga* spp; CATIE, Turrialba, Costa Rica 1996. pp 6-7.
- Mendoza, P. H. E. 1996. Problemática de *Phyllophaga* spp en el Salvador. Biología y Control de *Phyllophaga* spp; CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1996. pp 16-19.
- Metcalf, R. L. 1983. Implication and diagnosis of resistance to insecticides In: Georghiou, G.P. and T. Saito. Eds. Pest, resistance to pesticide Plenum. Press. New York, USA pp. 103-733.
- Metcalf, L. R. and Luckmann, H. W. 1994. Introducción al manejo de plagas de insectos. 2da reimpresión, De. LIMUSA. México. 710.p.
- Miller; et al. 1983. The kdr factor in pirethroid resistance In: Pest. Resistance to pesticides. Georghiou, G.P. and T. Saito. Eds. Plenum. Press. New York. p. 353-366 USA.
- Mores, G. D. and L. A. Devonshire 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticides resistant house flies *Musca domestica*. Pest. Biochem. Physiol. 21: 336-346. USA.
- Morón, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecifica. (INSECTA: COLEOPTERA). Instituto de Ecología, México, D.F. 341p.
- Morón, M. A. y Terrón, R. A. 1988. Entomología práctica. Instituto de Ecología, México, D.F. 501p.
- Morón, M. A. 1990. Los Escarabajos y las Plantas Cultivadas. Información Científica y Tecnológica. (ICYT) 164 (12): 48-53. México.

- Morón, M. A. and Warner, W. B. 1992. A revision of the *Phyllophaga* subgenus *Tryodonyx* Saylor (Coleoptera: Scarabaeidae). J. of the Kansas Entomol. Soc. 65(3) pp 321-340. USA.
- Morón, M. A.; Hernández R. S; Ramírez G. A. 1997. Atlas de los Escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol I. Familia Melolonthidae. Soc. Mex. de Entomología, A.C. México, D.F. 280p.
- Nájera, R. M. B. 1993. Coleópteros rizófagos asociados al maíz de temporal en el Centro de Jalisco, México. Identificación, ecología y control. Diversidad y manejo de plagas subterráneas, Memorias. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México pp 143.
- Ortega, O. C. 1987. Insectos Nocivos del Maíz, una Guía para su identificación en el Campo. CIMMYT. México. 106 pp.
- Peréz, 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. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 142 pp.
- Plapp, F. W. 1976. Biochemical genetics of insecticides resistance. Ann Rev. Entomol. USA.
- Price, N. R. 1991. Insect resistance to insecticides: Mechanisms and diagnosis. Comp. Biochem. Physiol. 100(3): 319-326. USA.
- Quisenberry, G. S. 1984. Evolution of insect resistance to insecticides. A reevaluation on the roles of physiology and behavior. Bull. Entomol. Soc. Amer. 30(4): 42-51.
- Rodríguez, M. J. C. 1983. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a grupos toxicológicos. Una base para su manejo racional. Chapingo, México. 174p.
- Scott, J. C. and G. P. Georghiou. 1986. Mechanism Responsible For High Levels of Permetrin Resistance in the House Fly Pestic Sci. 17: 195-206.
- Terriere, T. W. 1984. Biochemical genetics of insecticides resistance. Ann Rev. Entomol. USA.
- Urías, L. M. A. 1993. Distribución de plagas rizófagas del maíz de temporal en el Estado de Nayarit. Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas, Memorias. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz; México. pp 163.

- Velásquez, M. Incidencia y Control del Complejo *Phyllophaga spp* en Guatemala. Biología y Control de *Phyllophaga spp*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Memorias. pp 1-5.
- Vinson, S. B. and P. K. Law. 1976. Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworm. J. Econ. Entomol. 64(6): 1387-1390. USA.
- Voss, G. 1980. Cholinesterase autoanalysis. A rapid method for biochemical studies on susceptible and resistant insects. J. Econ. Entomol. 73(2): 189-192. USA.
- Wilkinson, C. F. 1983. Role of mixed function oxidases in insecticides resistance. In: Geroghiou G.P. and T. Saito. Eds. Pest. Resistance to Pesticides. Plenum Press. New York. p. 175-205. USA.

## APENDICE

Cuadro A.1. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas a la bifentrina; en poblaciones del Camichín.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
1,000	0.330	12	1	8.300
2,000	0.660	12	3	25.00
4,000	1.320	12	5	41.60
5,000	1.650	12	6	50.00
6,000	1.980	12	8	66.60
8,000	2.640	12	9	75.00
10,000	3.300	12	11	91.60

Peso promedio por larva = 3.03g

Cuadro A.2. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas al carbosulfan; en poblaciones del Camichín.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
5,000	1.5576	12	1	8.300
10,000	3.1152	12	3	25.00
15,000	4.6728	12	4	33.30
20,000	6.2305	12	6	50.00
25,000	7.7881	12	7	58.00
30,000	9.3457	12	9	75.00
35,000	10.9034	12	11	91.60

Peso promedio por larva = 3.21g

Cuadro A.3. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas al paration metílico; en poblaciones del Camichín.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
1,500	0.4201	12	2	16.60
2,000	0.5602	12	3	25.00
2,500	0.7002	12	5	41.60
3,000	0.8403	12	6	50.00
3,500	0.9803	12	8	66.60
4,000	1.1204	12	10	83.30
4,500	1.2605	12	11	91.60

Peso promedio por larva = 3.57g

Cuadro A.4. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas a la bifentrina; en poblaciones del Trigomil.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
5000	1.6200	15	1	6.600
10,000	3.2500	15	4	26.60
15,000	4.8700	15	5	33.30
20,000	6.4900	15	6	40.00
25,000	8.1200	15	8	53.30
30,000	9.7400	15	9	60.00
35,000	11.360	15	10	66.60
40,000	12.990	15	11	73.30

Peso promedio por larva = 3.08g

Cuadro A.5. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas al carbosulfan; en poblaciones del Trigomil.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
5,000	1.5600	15	2	13.30
10,000	3.1250	15	3	20.00
15,000	4.6823	15	5	33.30
20,000	6.2500	15	6	40.00
25,000	7.8125	15	7	46.60
30,000	9.3750	15	9	60.00
35,000	10.937	15	11	73.30
40,000	12.500	15	13	86.60

Peso promedio por larva = 3.20g

Cuadro A.6. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor, expuestas al paration metílico; en poblaciones del Trigomil.

Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos	% de mortalidad
1,500	0.4615	15	1	6.600
2,000	0.6153	15	2	13.30
25,00	0.7692	15	3	20.00
3,000	0.9230	15	5	33.30
35,00	1.0769	15	6	40.00
4,000	1.2307	15	9	60.00
45,00	1.3846	15	11	73.30
5,000	1.5384	15	12	80.00

Peso promedio por larva = 3.25g

Cuadro A.7. Datos obtenidos en laboratorio para larvas de tercer estadio de *Phyllophaga lalanza* Saylor expuestas a varios insecticidas en poblaciones del Camichín y Trigomil; las cuales no se obtuvo respuesta.

Trat.	Peso por larva.	Dosis ppm	Dosis $\mu\text{g/g}$	No de individuos	Individuos muertos
clorpirifos	3.66	5-50 mil	1.36-13.66	15	0.0
diazinón	3.33	5-50 mil	1.50-15.01	15	0.0
carbofuran	3.17	5-50 mil	1.57-15.77	15	0.0
etropophos	3.46	5-50 mil	1.45-14.45	15	0.0
endosulfan	3.49	5-50 mil	1.43-14.33	15	0.0
permetrina	2.98	5-50 mil	1.67-16.77	15	0.0

**nota:** estos datos fueron obtenidos después de haber realizado un promedio de seis ocasiones los bioensayos; para las poblaciones del Camichin se corrieron cuatro y para las poblaciones del Trigomil dos ocasiones.

Cuadro A.8. Ecuaciones de predicción de las diferentes líneas de regresión dosis-mortalidad de *Phyllophaga lalanza* Saylor obtenidas en laboratorio; de poblaciones expuestas al control químico, en dos regiones de estudio: Región A = Trigomil, Región B = Camichín.

TRATAMIENTO.	ECUACION DE PREDICION.
bifentrina A	$Y = -3.5128 + 2.1991 X$
bifentrina B	$Y = -2.8136 + 2.4934 X$
carbosulfan A	$Y = -3.8566 + 2.3159 X$
carbosulfan B	$Y = -5.9975 + 2.9328 X$
paratión metilíco A	$Y = -9.4261 + 4.7473 X$
paratión metilíco B	$Y = -8.7713 + 4.7864 X$