

Estudios Iniciales para el Establecimiento de un Modelo
Rotacional de Grupos Toxicológicos para el Control de
Acrobasis nuxiorella Neunzig y Cydia caryana (Fitch)

José Luis Villegas Salas

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial
para Obtener el Grado de:

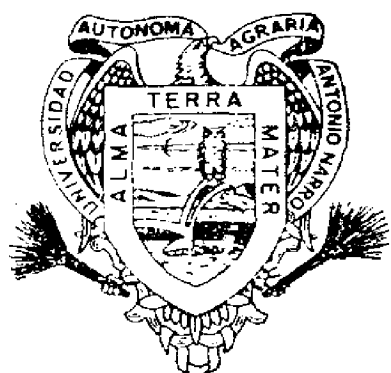
Maestro en Ciencias
en Parasitología Agrícola

Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Programa de Graduados
Buenvista, Saltillo, Coah.

Junio de 1988



Universidad Autónoma Agraria

“ANTONIO NARRO”



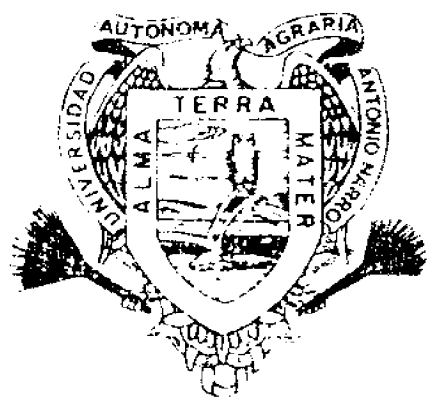
BIBLIOTECA

ESTUDIOS INICIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO
ROTACIONAL DE GRUPOS TOXICOLOGICOS PARA EL CONTROL DE
Acrobasis nuxvorella Neunziq y *Cydia caryana* (Fitch)

JOSE LUIS VILLEGAS SALAS

TESIS

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
en Parasitología Agrícola



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

Junio de 1988

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

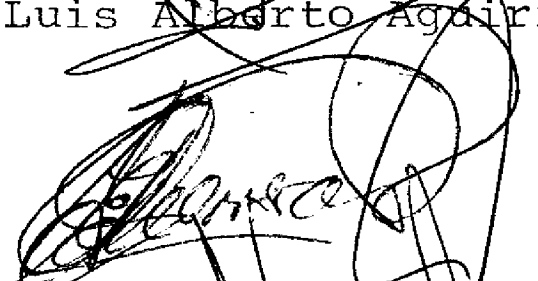
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PARASITOLOGIA AGRICOLA

C O M I T E P A R T I C U L A R


Asesor principal:


Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe

Asesor:



Ing. M.C. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor:

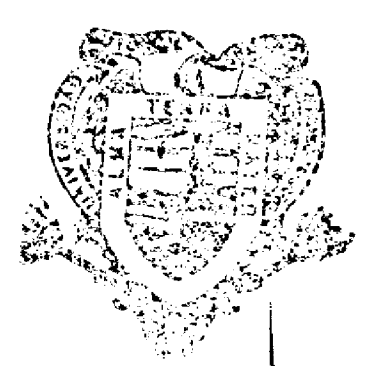

Ing. M.C. Aguilero Lozoya Saldaña

Asesor:


Ing. M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez


Dr. Eleuterio López Pérez

Subdirector de Asuntos de Postgrado


BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONA
BANCO DE TES
U.A.A.A.N.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que a través del Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) y en última instancia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - (CONACYT), financiaron mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial al Departamento de Parasitología, por haber hecho realidad mi deseo de superación.

Al comité de asesoría, integrado por el Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe, Ing. M.C. Eugenio Guerrero Rodríguez, - Ing. M.C. Aguilleo Lozoya Saldaña e Ing. M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez, por su apoyo moral y científico para la culminación de este trabajo.

A todas aquellas secretarias que me brindaron su ayuda desinteresada durante mi estancia en esta Universidad.

Al Ing. Ausencio González Rangel, Jefe del Programa de Entomología del CAEZAR y al Ing. Oscar Madero, por las facilidades brindadas.

A todos los trabajadores del Programa de Entomología del CAEZAR por su valiosa cooperación.

DEDICATORIA

A mis padres:

Félix Villegas Rivera

Ma. Aurora Salas de Villegas

no sólo por haberme dado la existencia, sino también por el digno ejemplo que me han inculcado, de amor, moral y responsabilidad.

A mi abuela y a mi madre política:

Ma. Praxedis Rivera Vda. de Saldierna

Lucía Castillo de Fohrweisser

porque sólo he escuchado de sus labios palabras de cariño y sabios consejos.

A mi esposa:

Ingrid Fohrweisser de Villegas

por lo mucho que de ella he recibido; confianza, comprensión, aliento y sobre todo amor en los momentos difíciles.

A mis hermanos:

Florentina

Carmela

Arturo

Gabriel

Leticia

Alejandra

Guadalupe

Jorge

Mario

por su cariño y el saber que siempre puedo contar con ustedes.

A todos mis maestros y amigos

Estudios Iniciales para el Establecimiento de un Modelo
Rotacional de Grupos Toxicológicos para el Control de
Acrobasis nuxvorella Neunzig y *Cydia caryana* (Fitch)

POR

JOSE LUIS VILLEGAS SALAS

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1988

Ph.D. Luis Alberto Aquirre Uribe- Asesor -

Palabras claves: Bioensayos toxicológicos, insectici-
das, noqal, barrenador de la nuez,
barrenador del ruezno.

El presente trabajo se desarrolló durante 1987 en el
Estado de Coahuila, teniendo como objetivo principal determi-
nar la susceptibilidad de *Acrobasis nuxvorella* Neunzig y *Cy-
dia caryana* (Fitch) a insecticidas de tres diferentes grupos
toxicológicos bajo condiciones de laboratorio, mediante el -
método de película residual con larvas colectadas en campo.

En las dos especies de insectos se determinaron las
líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las DL_{50} co-
rrespondiente en ppm. Así, se estableció que *A. nuxvorella*
de la localidad de Zaragoza, Coah., es más tolerante en 1.01
veces al carbaryl y en 1.96 veces a azinfosmetil; mientras -
tanto, *C. caryana* de la localidad de Parras, Coah., es más -

tolerante en 1.18 veces a carbarvl, 1.31 veces a azinfosme-
til y en 1.32 veces a fosalone, comparadas ambas poblaciones
con respecto a las de Saltillo, Coah. utilizadas como testig
gos por ser bajo o nulo el combate químico que sobre éstas
se ejerce.

Initial Studies to Stablish a Rotational Model of
Toxicological groups for *Acrobasis nuxvorella*
Neunzig and *Cydia caryana* (Fitch) control

By

JOSE LUIS VILLEGAS SALAS

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 1988

Ph.D. Luis Alberto Aguirre Uribe - Advisor -

Key words: Toxicological bioassay, insecticides, pecan
nut casebearer, hyckory shuckworm.

Research was developed during 1987 in Coahuila to de-
termine susceptibility of *Acrobasis nuxvorella* Neunzig and
Cydia caryana (Fitch) to three different toxicological groups
of insecticides under laboratory conditions, using the resi-
dual exposure method with field collected larvae. In both -
insects the dosage-mortality response was obtained to deter-
mine DL₅₀ in ppm respectively.

In Zaragoza area, *Cydia caryana* resulted more tole-
rant in 1.01 times to carbaryl and 1.96 times to azinfosmetil;
on the other hand, in the area of Parras, *C. caryana* resulted
1.18, 1.31 and 1.32 times more tolerant to carbaryl, azinfos-
metil and phosalone respectively as compared with the same -
species in Saltillo that were used as check treatments -

because in this area, the species are not under chemical
tratament.

INDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| INDICE DE CUADROS | x |
| INDICE DE FIGURAS | xiii |
| INTRODUCCION | 1 |
| REVISION DE LITERATURA | 4 |
| GUSANO BARRENADOR DE LA NUEZ | 4 |
| GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO | 7 |
| RESISTENCIA DE INSECTOS A INSECTICIDAS | 8 |
| CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA | 8 |
| FRECUENCIA GENICA PARA EL CARACTER | |
| RESISTENCIA | 10 |
| CLASES DE RESISTENCIA | 11 |
| MECANISMOS DE RESISTENCIA | 14 |
| MANEJO DE LA RESISTENCIA DE INSECTOS A IN - | |
| SECTICIDAS | 23 |
| MANEJO POR MODERACION | 23 |
| MANEJO POR SATURACION | 24 |
| MANEJO POR ATAQUE MULTIPLE | 24 |
| ROTACION ALTERNA DE INSECTICIDAS | 25 |
| RESISTENCIA DE INSECTOS A INSECTICIDAS EN EL | |
| CULTIVO DEL NOGAL | 27 |
| MATERIALES Y METODOS | 32 |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 41 |
| <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig | 41 |
| <i>Cydia caryana</i> (Fitch) | 50 |
| DISCUSION GENERAL | 61 |
| CONCLUSIONES | 68 |
| RESUMEN | 70 |
| LITERATURA CITADA | 73 |
| APENDICE | 82 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | | Página |
|---------------|---|--------|
| 2.1. | Relación de grupos de insecticidas de acuerdo a su afinidad para resistencia cruzada | 13 |
| 2.2. | Porcentaje estimado de la participación relativa de los principales mecanismos de resistencia sobre varios insecticidas en poblaciones de artrópodos | 15 |
| 2.3. | Insecticidas con los que se ha ejercido presión de selección a poblaciones de <i>Acrobasis nuxvorella</i> N. y <i>Cydia caryana</i> en rangos de tiempo representativos y dosis aplicada (cc o gr/100 lt de agua) | 30 |
| 3.1. | Diluciones (ppm) empleadas para la obtención de las líneas de respuesta dosis-mortalidad de <i>Acrobasis nuxvorella</i> N. y <i>Cydia caryana</i> (F.). UAAAN, 1988. | 37 |
| 4.1. | Dosis letales obtenidas en larvas de <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988. | 46 |
| 4.2. | Valores proporcionales de tolerancia y su incremento equivalente en larvas de <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988. | 48 |
| 4.3. | Dosis letales obtenidas en larvas de <i>Cydia caryana</i> (Fitch) procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988. | 54 |

| Cuadro No. | | Página |
|---------------|--|--------|
| 4.4. | Valores proporcionales de tolerancia, y su incremento equivalente en larvas de <i>Cydia caryana</i> (Fitch) procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988. | 56 |
| 4.5. | Comparación de las DL ₉₅ observadas en el presente trabajo con las comerciales intermedias recomendadas para el control de <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig y <i>Cydia caryana</i> (Fitch). - UAAAN, 1988. | 62 |
| A.1. | Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida azinfosmetil, aplicado mediante película residual a <i>A. nuxvorella</i> procedente de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988. | 83 |
| A.2. | Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida azinfosmetil aplicado mediante película residual a <i>A. nuxvorella</i> procedente de Zaragoza, Coah. UAAAN. 1988. | 84 |
| A.3. | Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida carbaryl aplicado mediante película residual a <i>A. nuxvorella</i> - procedente de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988. . . | 85 |
| A.4. | Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida carbaryl, aplicado mediante película residual a <i>A. nuxvorella</i> - procedente de Zaragoza, Coah. UAAAN. 1988. . . | 86 |
| A.5. | Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida azinfosmetil aplicado mediante película residual a <i>C. caryana</i> procedentes de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988. . . | 87 |

- A.6. Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida azinfosmetil aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988. 88
- A.7. Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida carbaryl aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Saltillo, Coah. UAAAN, 1988. 89
- A.8. Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida carbaryl, aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988. 90
- A.9. Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida fosalone, aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Saltillo, Coah. UAAAN, 1988 91
- A.10. Datos con los que se determinó la línea dosis mortalidad del insecticida fosalone, aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988 92

INDICE DE FIGURAS

| Figura No. | | Página |
|---------------|---|--------|
| 4.1. | Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida azinfosmetil en <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig, procedentes de Saltillo (testigo) y Zaragoza, Coah. UAAAN, 1988. . . . | 44 |
| 4.2. | Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida carbaryl en <i>Acrobasis nuxvorella</i> Neunzig, procedentes de Saltillo (testigo) y Zaragoza, Coah. UAAAN, 1988 | 49 |
| 4.3. | Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida azinfosmetil en <i>Cydia caryana</i> (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988 | 52 |
| 4.4. | Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida carbaryl en <i>Cydia caryana</i> (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988 | 57 |
| 4.5. | Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida fosalone en <i>Cydia caryana</i> (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988 | 58 |

INTRODUCCION

El nogal pecanero *Carya illinoensis* Koch es nativo de México, en donde se le considera como uno de los frutales con más potencial económico, ya que su redituabilidad garantiza ampliamente las inversiones que su mantenimiento requiere, además de que es una fuente permanente de trabajo.

Zamudio (1981) indicó que para ese año, la producción nacional de nuez fue superior a las 35,000 toneladas obtenidas de 48,000 hectáreas cultivadas, 18,000 de nogal nativo criollo y 30,000 de variedades mejoradas, de las cuales sólo el 30 por ciento se encontraba en producción, indicando a futuro un potencial aproximado de 100'000,000 toneladas anuales, lo que afianzará a nuestro país como el segundo productor y exportador de nuez de cáscara en el mundo.

El Estado de Coahuila ocupa, a nivel nacional, el segundo lugar como productor de nuez, en su mayoría de variedades mejoradas, siendo los municipios de Zaragoza y Parras de la Fuente los que más producción de este tipo aportan. Si se toma en cuenta que los beneficios son del orden de los 100'000,000.00 de pesos y que la fuente de trabajo que genera es superior a los 230,000 jornales por ciclo, es

indiscutible la importancia económica y social que representa el cultivo para esta entidad federativa.

La producción nogalera tanto en el Suroeste de los Estados Unidos como en el Norte de México, frecuentemente es mermada por problemas parasitológicos entre los que destacan: el gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, reportada como plaga clave en la región Norte de Coahuila dentro de la cual se ubica Zaragoza, y el gusano barrenador del nuezno *Cydia caryana* (Fitch) en la región Sur del Estado, en donde se encuentra Parras de la Fuente. El potencial de daño que se les adjudica fluctúa conservadoramente entre el 50 y 75 por ciento cuando su control es inadecuado (Flores, 1981; Van Cleave, 1981; Harris, 1983; González, 1984; Corrales y Aguirre, 1987).

En ambos municipios el control químico de estas plagas se lograba con dos o tres aplicaciones, en la actualidad se realizan de cinco a ocho para mantenerlas a niveles económicamente costeadables. Este aumento en el número de aspersiones somete a las poblaciones a una elevada presión de selección por los insecticidas, lo que puede originar el rápido desarrollo de cepas resistentes si se considera que los productos utilizados, fosalone y azinfosmetil, son plaguicidas pertenecientes al grupo de los organofosforados al igual que el 75 por ciento del total recomendados, y que la resistencia a organofosforados se induce por presión de selección con productos del mismo grupo toxicológico (Brown, 1968 y Alava, 1976).

Dado el incremento de especies resistentes a pesti-
cidas en otros cultivos, es necesario la realización de estu-
dios que mantengan en observación el desarrollo de la resis-
tencia de estas dos especies, para la detección oportuna de
la misma y así poder tomar las medidas pertinentes para evi-
tarlo, ya que hasta el momento este tipo de estudios no se
han efectuado en México. De igual manera es importante am-
pliar el número de productos químicos utilizables, determi-
nando aquéllos estructuralmente diferentes no afectados por
la presión de selección previa, capaces de ejercer un mejor
control que los dos insecticidas actualmente empleados, y es-
tablecer su uso alternativo de tal manera que eviten o retrasen
al máximo la manifestación de resistencia a insecticidas en
este cultivo.

En base a lo anterior, los objetivos del presente
trabajo fueron el determinar los niveles de susceptibilidad
de *A. nuxvorella* y *C. caryana* a insecticidas de grupos toxi-
cológicos diferentes y establecer las bases para su uso rota-
cional contra las mismas especies.

REVISION DE LITERATURA

Gusano Barrenador de la Nuez

Neunzig (1972) y Borrer *et al.* (1981) indicaron que este insecto es conocido científicamente como *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (Lepidoptera: Pyralidae), (*A. nuxvorella*).

La mayoría de las especies del género *Acrobasis* están concentradas en el Oriente de Norte América, donde algunas de sus especies son taxonómicamente muy similares en su estado adulto, ésto ocasionó que durante mucho tiempo se le confundiera con *A. caryivorella* Ragonot y posteriormente con *A. caryae* Grote; no es sino hasta 1970 cuando Neunzig describe a esta plaga y le asigna el nombre con el que actualmente se le conoce (Tucuch, 1983).

Neunzig (1972) consignó la descripción detallada de las especies mencionadas por la que se puede diferenciar claramente a *A. nuxvorella*. Dicha descripción coincide con la especie reportada en el Norte de México como el gusano barrenador de la nuez, por lo que se cita como *A. nuxvorella* y no *A. caryae* Grote como se suponía (Van Cleave, 1981; SARH, 1983; González, 1984; Corrales y Aguirre, 1987).

El adulto es una palomilla de color gris pálido que mide de siete a nueve milímetros de longitud y de 20 a 22 -

milímetros de expansión alar; las alas anteriores poseen un penacho de escamas oscuras que las cruza en un tercio de la base, pudiendo no detectarse en individuos viejos (Van Cleave, 1981; SARH, 1983).

Los huevecillos recién depositados son de color verde pálido, tornándose rojizos conforme maduran, son de forma elíptica, convexos en su parte superior y aplanados en la inferior, miden 0.65 milímetros de largo por 0.36 milímetros de ancho y están firmemente unidos a la nuez con una sustancia adherente (Bilasing, 1925; Van Cleave, 1981; SARH, 1983).

Las larvas recién eclosionadas son de color blanco o rosado y adquieren pronto tonalidades gris olivo, el cual mantienen poco antes de la pupación en que cambian a verde jade; la superficie del cuerpo es rugosa y áspera, cubierta con pelillos blancos espaciados; posee cuatro pares de pseudópodos abdominales y un par anal, en adición al número regular de patas en el tórax; el cuerpo es cilíndrico y ahusado cerca de la parte final (Bilasing, 1925; Van Cleave, 1975; SARH, 1983). La descripción de la larva de *Acrobasis caryae* hecha por Peterson (1962) coincide con la de *A. nuxvorella* realizada por Neunzig (1972) en la cual establece que: al término del desarrollo larval, mide de 10.6 a 16.8 milímetros de largo por 1.6 a 2.5 milímetros de ancho; la cabeza es de color café amarillento a café con manchas café oscuro; la parte dorsal es café púrpura pálido en ocasiones con tonalidades verdosas; la superficie torácica es de color amarillo cafezusca a café con manchas ocasionales café oscuro al

igual que las patas torácicas, cuyo segmento distal y cerca del margen de los segmentos restantes más obscurecidos, y que el abdomen posee ocho espiráculos laterales o ligeramente dorsocaudados.

La pupa es de forma normal, los segmentos de la mitad del cuerpo son más o menos cilíndricos no elevados, su longitud varía de 6.9 a 8.1 milímetros por 2.1 a 2.6 milímetros de ancho; cuando está recién formada es de un color verde jade que en pocas horas pasa gradualmente a café amarillento con el dorso ligeramente más oscuro conforme la larva se transforma en adulto; los dos caracteres más distintivos son: cuatro setas a manera de palos de golf en los extremos y cremasters a los lados del eje longitudinal (Bilsing, 1925; Neunzig, 1972; SARH, 1983).

Neunzig (1972) indicó que desde que se tiene conocimiento de esta plaga, sólo se le ha encontrado infestando al nogal pecanero *C. illinoensis* tanto en las áreas nogaleras de Estados Unidos como en las de México, en las cuales el número de generaciones por año depende de la localidad geográfica en la que se encuentra, siendo común un mínimo de dos y un máximo de cuatro. La descripción del ciclo biológico consignada por este autor, coincide con la proporcionada para este insecto en el Norte de México por algunos autores (Torrres, 1981; Van Cleave, 1981; SARH, 1983; Tucuch, 1983; García, 1986; Sosa, 1986).

Gusano Barrenador del Ruezno

Borrór *et al.* (1981) ubicaron taxonómicamente a este insecto dentro del orden Lepidóptera y familia Tortricidae, refiriéndose a ella con el nombre científico de *Cydia caryana* (Fitch), (*C. caryana*).

Hasta hace poco tiempo, el género al que pertenece esta especie se reconocía como *Laspeyresia*; sin embargo, Brown (1979) estableció la validación del género *Cydia* para la especie *pomonella* y otras especies congénéricas entre las que se encuentra *caryana*. Añade que a pesar de que *Laspeyresia* es de uso común en Norteamérica, el Instituto Mancomunado de Entomología y varios investigadores, han aceptado dicha validación. Expone además, que en base a las referencias de la descripción original y el tipo de especies designadas, *Cydia* es reconocido como homónimo de *Laspeyresia* y sinónimo de *Carpocapsa*. De acuerdo al Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, en su artículo 33, *Cydia* es el sinónimo mayor de *Laspeyresia* debido a que Walsingham (1914) citado por el autor, fue el primero que así la nombró.

El insecto adulto es una palomilla que presenta un color café oscuro a gris oscuro, la cual mide aproximadamente un centímetro de longitud y de 1.2 a 1.5 centímetros de expansión alar; posee pequeñas líneas o bandas a través de los márgenes frontales de las alas anteriores y, en general, el adulto de esta plaga se puede diferenciar del de *A. nuxvorella* porque es invariablemente más pequeño y notablemente

más oscuro (Duarte, 1967; Van Cleave, 1981; Enkerlin, 1982; SARH, 1983).

Los huevecillos recién ovipositados son pequeños y aplanados de color blanco, variando en sus tonalidades conforme se aproxima la eclosión de la larva (Payne *et al.* 1979).

La larva es cilíndrica, robusta y un tanto ahusada en su porción final, de color blanco cremoso con la cabeza de color café claro y una longitud antes de pupar de un centímetro (Van Cleave, 1981; Enkerlin, 1982 y SARH, 1983).

Una vez concluida la etapa larval pasa al estado de pupa, la cual es de forma normal y un poco más pequeña al equivalente del adulto; su color es café amarillento, tornándose rojiza conforme la larva madura y se transforma en adulto (Van Cleave, 1981; Enkerlin, 1982).

Resistencia de Insectos a Insecticidas

La resistencia que se ha observado en varias plagas de importancia económica es una de las principales limitantes de la producción agrícola en varios cultivos extensivos, síntoma palpable es el fracaso de plaguicidas cuando se utilizan a las dosis que originalmente eran efectivas contra poblaciones de insectos plaga (Lagunes, 1982).

Características de la Resistencia

La capacidad de las poblaciones para volverse resistentes a los insecticidas, es solamente un caso especial de

su adaptabilidad a los cambios del medio ambiente. De esta manera, la rapidez con que la manifiestan depende del grado de selección de la población resultante de altas dosis y frecuencia de aplicaciones, así como del resto de la población no expuesta que por medio de migraciones y combinación genética, permite la restauración de genes susceptibles; por tal motivo se asume que la relación cuantitativa entre la intensidad de selección y velocidad del progreso evolutivo de la resistencia, depende además de los anteriores factores, de la frecuencia y dominancia inicial de los alelos que la confieren (Hoskins y Gordon, 1956; Gunther y Jeppson, 1962).

De acuerdo a lo anterior, la resistencia es considerada como una característica hereditaria que se expresa sólo en poblaciones que poseen los factores para tal resistencia y no es posible inducirla por hábito durante la vida del insecto ya que preexiste en su contenido genético; por medio del uso de insecticidas se seleccionan los genes mutantes con poca susceptibilidad a estos agroquímicos, dando origen a cepas tolerantes que sobreviven y al reproducirse heredan la resistencia a su progenie (Plapp, 1976; Cremllyn, 1982).

Georghiou y Taylor (1977 a,b) demostraron por medio de simulacros en computadora, que la regulación de cualquiera de los factores mencionados, por sí mismo, no es suficiente para contrarrestar la resistencia indefinidamente, pero que algunas combinaciones son claramente más influenciables que otras.

Frecuencia Génica para el Carácter Resistencia

La heredabilidad de la resistencia específica es en general comparativamente simple y casi siempre monofactorial con los alelos R (resistente) y S (susceptible) con manifestación variable, aunque la influencia del gene principal puede ser modificada por genes secundarios (Plapp, 1976; Plapp y Wang, 1983).

En la práctica, consiguieron Taylor y Georghiou (1979) la dominancia de los alelos resistentes depende grandemente de las dosis insecticidas utilizadas debido a que el porcentaje de mortalidad en líneas próbit de cada genotipo, es una función lineal de las dosis logarítmicas, y la resistencia de los heterocigotos es usualmente intermedia entre las formas homocigotas. A su vez, especifican que asumiendo un solo locus para el alelo R, una dosis alta puede matar a todos los individuos SS y el mayor número de RS, con esto se logra la dominancia funcional del alelo S, inversamente, una dosis baja mataría a todos los SS pero los RS quedarían en su mayor parte, lo que induce la recesividad funcional del alelo S. Agregan que la forma de observar este mecanismo de control, es que después de la aplicación insecticida a dosis suficientemente altas, los pocos sobrevivientes podrían ser genotipos RR; si el insecticida es poco residual y ocurre suficiente inmigración de SS, el mayor apareamiento podría ocurrir entre individuos RR y SS, y la próxima generación podría consistir de genotipos SS y RS los cuales pueden ser aniquilados si el alelo S es intrínsecamente dominante o si

se le induce por manipulación conveniente de las dosis aplicadas (Taylor y Georghiou, 1979; Georghiou, 1983; Lagunes, 1984).

Clases de Resistencia

Se distinguen dos clases de resistencia; la fisiológica y la de comportamiento. La primera implica la presencia de uno o varios mecanismos específicos metabólicos (enzimática) y no metabólicos (morfológica), según sea el estímulo ejercido, y la segunda incluye todo aquel hábito que adopta determinada especie en respuesta a estímulos previos del medio ambiente, por el cual evade el contacto con el tóxico aplicado o sólo recibe cantidades subletales (Rodríguez, 1983).

Lockwood *et al.* (1984) indicaron que estas dos clases de resistencia frecuentemente coexisten en las poblaciones de insectos, y reconoce la continuidad fundamental de comportamiento y fisiología; además, propone que el grado de exclusividad de cualquier mecanismo de resistencia es proporcional a su habilidad de persistir, manifestándose divergencia evolucionaria sólo bajo condiciones específicas, en las cuales puede generalmente esperarse la coevolución de algunas formas de resistencia por comportamiento con la resistencia fisiológica.

De esta manera, se reconocen dos tipos de resistencia según sea el número de mecanismos y plaguicidas involucrados; la cruzada y la múltiple. La resistencia cruzada induce a que la población plaga se haga resistente a dos o más

plaguicidas usualmente relacionados por la acción de un solo mecanismo de resistencia como resultado de la exposición a uno de ellos (resistencia cruzada positiva), pudiendo no expresarse en otros insecticidas químicamente distintos, denominándosele ahora resistencia cruzada negativa (Plapp, 1976; Gunther y Jeppson, 1962).

Por ejemplo, Graves *et al.* (1967) y Georghiou (1983) indicaron que el picudo del algodónero es capaz de manifestar resistencia a DDT y Toxafeno y desarrollar resistencia cruzada a tres organofosforados, dos carbamatos y en bajos niveles a cepas resistentes a endrin, pero nunca a azinfosmetil; en general, los hidrocarburos clorados no inducen tal resistencia a organofosforados (Cuadro 2.1) pero éstos sí la inducen a dichos hidrocarburos.

Al respecto, Lagunes (1984) indica que varios autores han observado en poblaciones de insectos, aumento en la susceptibilidad a organofosforados como resultado de la selección con piretroides y viceversa; por lo que recomienda utilizar un organofosforado después de un piretroide, pero nunca un carbamato, ya que comprometen el mismo mecanismo detoxificante. Por su parte, Chen y Sun (1986) agregan que los carbamatos pueden inducir resistencia a organofosforados y a hidrocarburos clorados, pero no a los de su mismo grupo, como ocurre en el caso de los piretroides, en los cuales la resistencia cruzada es común.

Cuadro 2.1. Relación de grupos de insecticidas de acuerdo a su afinidad para resistencia cruzada (tomado de Rodríguez, 1983).

- A. Análogo de DDT
1. DDT y otros dehidroclorinables
 2. Análogo no dehidroclorinables (clorbenzilato)
- B. Ciclodienos
- BCH, aldrín, dieldrín, endrín, etc.
- C. Organofosforados
1. Organo fosforados O-metil (paratión metílico, dicapton)
 2. Organo fosforados O-etil (paratión etílico)
 3. Organo fosforados misceláneos, incluyendo algunos de los grupos 1 y 2.
- D. Carbamatos
1. Aril carbamatos (propoxur, carbaryl, etc.)
 2. Carbamatos heterocíclicos (dimetilan)
 3. Carbamatos misceláneos, incluyendo a algunos del grupo 1 y 2.
- E. Piretroides
-

Metcalf (1983) mencionó que la resistencia múltiple es el resultado de la coexistencia de varios alelos génicos independientes, los cuales inducen mecanismos de resistencia contra insecticidas no relacionados, con diferentes modos de acción y vías detoxificantes. Agrega que lo anterior es provocado cuando las poblaciones son sometidas irracionalmente a un variado grupo de insecticidas y que una vez inducida, la dominancia de los genes involucrados permanecen por largo tiempo de tal manera que la restauración de la susceptibilidad dura poco tiempo, ya que la reversión a la resistencia es más rápida.

Mecanismos de Resistencia

Lagunes y Rodríguez (1985) mencionaron que existen varios mecanismos de resistencia identificados hasta el momento, cuya actividad varía notablemente de acuerdo a las características intrínsecas de los insecticidas utilizados, pero en general, la detoxificación enzimática es el mecanismo más común en insectos (Cuadro 2.2). Además, indican que el conocimiento del grado de participación de cada mecanismo en los grupos de insecticidas, es de gran utilidad cuando se desea evitar o retrasar la resistencia mediante el uso alternativo de insecticidas, esto evita que se cometa el error del empleo continuo de aquellos productos que comparten el mismo mecanismo detoxificante.

Los principales mecanismos detoxificantes que en un momento dado pueden estar involucrados en la resistencia de los insectos objeto de este estudio, de acuerdo a los grupos toxicológicos a los que pertenecen los insecticidas empleados para su control, son los que a continuación se describen.

Función Oxidativa Mixta (FOM)

Este sistema enzimático es conocido también como oxidasa de función múltiple, oxidativa citocromo P-450, oxidasa microsomal, etc., y juegan un papel determinante tanto en insectos susceptibles como en resistentes, siendo el retículo endoplásmico el organelo celular en donde se asocian las diversas enzimas que constituyen el complejo FOM; en insectos se localiza en el cuerpo grajo, tubos de malpighi y

Cuadro 2.2. Porcentaje estimado de la participación relativa de los principales mecanismos de resistencia sobre varios insecticidas en poblaciones de artrópodos (tomado de Lagunes y Rodríguez, 1985).

| Mecanismo de resistencia | DDT | Paratión metílico | Paratión etílico | Malatión | Endrín | Permetrina | Carbaryl |
|------------------------------|-------|-------------------|------------------|----------|--------|------------|----------|
| <u>A. Metabólicos</u> | | | | | | | |
| Función oxidativa (FOM) | 10-50 | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 0-10 | 5-10 | 40-80 |
| Esterasas | - | 10-70 | 10-70 | 5-10 | - | 5-30 | - |
| DDT-Dehidroclorinasa | 20-80 | - | - | - | - | - | - |
| Glutación transferasa | - | 10-40 | 5-10 | 5-15 | - | - | - |
| Carboxiesterasa | - | - | - | 10-80 | - | - | - |
| <u>No Metabólicos</u> | | | | | | | |
| Mayor excreción | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 |
| Menor penetración | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 10-25 |
| Sensibilidad reducida (Kdr) | 20-80 | - | - | - | - | 50-90 | - |
| Colinesterasa insensible | - | 5-15 | 5-15 | - | - | - | 10-40 |
| Insensibilidad a ciclodienos | - | - | - | - | 70-90 | - | - |

tracto digestivo, por lo que se le considera la primera de -
fensa contra agentes tóxicos lipofílicos de carácter xenobió -
ticos (Lagunes y Rodríguez, 1985).

Wilkinson (1983) indicó que la no especificidad de -
la FOM y su actividad incrementada, es notable en la mayoría
de las plagas fitófagas, en especial las polífagas, por lo -
que manifiestan resistencia en menor o mayor grado por este
mecanismo, principalmente en aquellos estados del insecto en
donde la necesidad alimenticia es más intensa. Así, la acti -
vidad del citocromo P-450 da origen a un producto hidrofíli -
co más fácilmente excretable o metabolizado por mecanismos -
secundarios; mediante dicha actividad, la FOM confiere resis -
tencia a través de reacciones que involucran grupos fundamen -
tales diferentes, entre las que se encuentran la hidroxila -
ción aromática, O-dealquilación, N-de alquilación, desulfura -
ción oxidativa y la epoxidación.

Nakatsugawa *et al.* (1969) asentaron que dentro del -
grupo de los organofosforados (OP), aquéllos que poseen enla -
ce P=S pueden ser activados o detoxificados por la FOM provo -
cando resistencia a estos productos al activarlos lentamente
y ser metabolizados antes de llegar al sitio de acción. Por
su parte, Rodríguez (1983) y Wilkinson (1983) añaden que a -
pesar de que los insecticidas OP y carbamatos poseen similar
modo de acción y que en ambos grupos es el principal mecanis -
mo detoxificante, los carbamatos son los más afectados por -
la FOM, al igual que las piretrinas y piretroides y en forma
variable a algunos organoclorados. Desde el punto de vista -

genético, Plapp y Wang (1983) puntualizaron que todos los mecanismos de resistencia a carbamatos y OP son controlados por genes sencillos semidominantes en herencia y que confieren altos niveles de detoxificación, los cuales pueden ser bloqueados mediante el uso de sinergistas. Además, indicaron que al menos en mosca doméstica, parece ser que únicamente los genes oxidativos inducen resistencia metabólica a carbamatos, por el contrario en los OP, los genes oxidativos y los no oxidativos son de igual importancia.

GSH-S-Transferasa (GSHT)

Según Motoyama y Dauterman (1974) este grupo enzimático, mejor conocido como glutathion-S-transferasa, es el responsable de la detoxificación de xenobióticos tanto en vertebrados como en invertebrados y probablemente sea el más importante en el metabolismo de los OP por la dealquilación de los insecticidas con radicales dimetílicos unidos al fósforo, lo que origina productos menos tóxicos o más hidrosolubles facilitándose su excreción como derivados del ácido mercaptúrico; otros grupos pertenecientes al complejo enzimático GSHT son el S-aril, S-aralquil, S-alqueno, y el S-epóxido transferasa. Experimentalmente demostraron que la actividad de estos grupos es influenciada por el pH, temperatura y tejido en el que se encuentre, ubicándosele dentro de la fracción soluble de la célula en donde su actividad se ve incrementada por la adición de glutation, preferentemente sobre los grupos metil.

Cohen (1978) mencionó que la degradación del azinfos metil se debe a la conjugación de la fracción O-alquil con el grupo S-alquiltransferasa, variando en intensidad de mayor a menor en el cuerpo graso, intestino, músculos, cutícula y en la hemolinfa del insecto. Al parecer, la GSHT es exclusiva para insecticidas OP, en especial aquéllos que poseen cadenas alifáticas cortas metil-etil (Rodríguez, 1983).

Por otro lado, si se toma en cuenta que la GSHT al igual que la FOM y DDT-dehidroclorinación son inducidas por el fenobarbital, es posible que tales mecanismos estén regulados en común por un mismo mecanismo genético, por lo que la actividad de uno puede inducir la presencia de cualquiera de las otras dos; genéticamente la inducción de altos niveles de GSHT está controlado por el gene llamado g, en el cromosoma II de líneas resistentes de mosca casera (Plapp, 1976; Ottea y Plapp, 1981).

Esterasas

Sólo se han detectado dos enzimas de este tipo como responsables de la resistencia en algunos insectos, reconociéndoseles como fosfatasas y carboxil-esterasas. Al igual que la GSHT las fosfatasas son exclusivas para el grupo de los OP y frecuentemente origina productos metabólicos hidrolizados similares a la FOM, por lo que la inferencia de los mecanismos responsables se dificulta, siendo necesario el uso de sinergistas específicos para determinar la identidad correcta de dicho mecanismo presente en el microsoma del

insecto. (Motoyama y Dauterman, 1974).

Al respecto, Plapp (1976) señaló que la actividad enzimática de las fosfatasas en la mosca casera es regida por los alelos de un solo gene semidominante en el cromosoma II.

Dauterman (1983) puntualizó que la degradación de insecticidas fosfatados por hidrolasas es poco común, ya que se limitan a pocas especies y plaguicidas, entre los que destacan la mosca casera y los insecticidas paratió metílico, diazinón y malatió.

Por su parte, Rodríguez (1983) citó a otra estera - sa la cual degrada dietilfosfatos y fosfotioatos, a dicha enzima se le llama DFP-asa y es estimulada por el Mn y Cu; además, menciona a la paraoxonasa, enzima soluble que es activada por el Mn.

La carboxilesterasa es un mecanismo de resistencia exclusivo de los organofosforados, especialmente del mala - tió, malaoxón y fentioato, por tener grupos carboxiléster a los cuales hidroliza, tal reacción fue localizada a nivel celular en el núcleo, mitocondria y en el microsoma (Motoyama y Dauterman, 1974; Motoyama *et al.* 1980).

Acetil Colinesterasa Insensible (ACEin)

Iwata y Hama (1972) establecieron la primer evidencia clara de la ACEin como un mecanismo que confiere resistencia a insecticidas OP tales como: malatió, malaoxón y -

parati6n metilico, asf como algunos carbamatos, especialmente a carbaryl y a propoxur; sealan que no es el principal mecanismo de resistencia en OP, pero que coexiste con otros que tambi6n la confieren. En un trabajo similar, Voss (1980) indic6 la posibilidad de que un cambio estructural en la enzima inhibidora, es la causante de la resistencia por ACEin en OP y carbamatos, y que este mecanismo puede manifestarse en lepid6pteros con la misma intensidad que en la mosca casera.

Plapp (1976) al respecto puntualiz6 que en cepas resistentes, la ACE alterada muestra inusual baja actividad para hidrolizar acetil colina a causa de una posible disminuci6n entre la afinidad de la enzima y el inhibidor, y agrega que este mecanismo de resistencia en carbamatos y OP est6 controlado por un solo gene parcialmente dominante en el cromosoma II.

Experimentalmente, Hama (1983) demostr6 que la actividad de la ACEin varfa de acuerdo a la especie e insecticida aplicado, esto lo hizo suponer que m6s de un tipo de ACEin estaba involucrado confiriendo resistencia diferencial a carbamatos y OP. Añade que en la actualidad se sabe que tanto en ACE normal como en la alterada, existen al menos cinco formas distintas de las cuales no necesariamente todas deben ser alteradas para que el individuo exhiba resistencia. Tal es el caso expuesto por Devonshire y Moores (1984) quienes indicaron que en la mosca casera pueden presentarse al menos cuatro formas distintas de ACE, una susceptible y tres

insensibles a insecticidas inhibidores, siendo necesario el aislamiento de este mecanismo en estado homocigoto para su caracterización bioquímica.

Penetración Reducida (PR)

Se ha demostrado que la penetración reducida del tóxico a través del integumento del insecto, le confiere a éste cierto grado de resistencia al permitir que dicho tóxico quede expuesto por más tiempo a los complejos enzimáticos detoxificantes, con lo que sólo cantidades subletales llegan al sitio de acción. Así mismo, la PR comúnmente interactúa con otro mecanismo de resistencia, lo que permite la manifestación de resistencia cruzada, como es el caso del DDT en especies resistentes a diazinón, siendo factible tal fenómeno en insecticidas OP, carbamatos, piretrinas y principalmente organoclorados, grupos toxicológicos en donde cada vez es más común la PR; al menos en el DDT la PR es atribuida a la mayor esclerotización de este insecticida (Vinson y Law, 1971).

Se ha establecido que la PR a productos de las organotinas, así como en el paratión, está regulado en la mosca casera por el gen "organotin-R" conocido como el símbolo mutante "tin" en el cromosoma III, el cual es un intensificador de la resistencia cuando se encuentra combinado con otros genes de resistencia y que la confieren a insecticidas como el DDT, dieldrín y varios OP a través de mecanismos diferentes como la FOM o GSHT, ya que por sí sola la PR es un

mecanismo de importancia secundaria. Además, se ha indicado al gen "tin" como alelo de otro llamado "Pen", el cual confiere resistencia contra DDT, dieldrín, diazinón y piretroides por lo que a este mecanismo de resistencia se le conoce con el símbolo "Pen" (Plapp y Hoyer, 1968; Plapp, 1976; Matsumara, 1983).

Resistencia al Derribo (Kdr)

El factor Kdr es conocido como "sitio de acción insensible" al cual se le considera responsable de la mayoría de los casos en los que se reporta resistencia a piretroides y en forma cruzada con el DDT, ya que comparten en gran medida este mecanismo de resistencia imposible de sinergizar. Se ha consignado que los genes responsables de la resistencia a DDT y piretroides por Kdr, son recesivos y localizados en el cromosoma III y que al parecer son alélicos o al menos muy semejantes, siendo factible la disminución de la resistencia cruzada entre organofosforados y piretroides, especialmente si la FOM está involucrada, mediante el uso de sinergistas adecuados (Plapp, 1976; Scott y Georghiou, 1976).

Miller y Adams (1982) mencionaron que a pesar de que los piretroides pueden ser fácilmente degradados por medios enzimáticos, éstos en la mayoría de los casos son secundarios a pesar de que su presencia incrementa los niveles de resistencia como es el caso de la penetración reducida, la cual fue localizada como un intensificador del factor Kdr en la mosca doméstica y al cual llamó "Super-Kdr". Al respecto,

Scott y Georghiou (1986) establecieron en la misma especie, que para la permetrina y posiblemente otros piretroides de mayor fotoestabilidad, la FOM es el principal mecanismo de - toxificante y en forma secundaria el factor Kdr y la penetración cuticular reducida.

Manejo de la Resistencia de Insectos a Insecticidas

Georghiou (1983) mencionó que con la manifestación - de resistencia de un elevado número de artrópodos, se ha llegado a la conclusión de que está dada por un amplio rango de características biológicas, genéticas, etológicas y de manejo, que determinan el grado de selección en una situación - ecológica dada y en consecuencia grados variables de evolución. Los factores de manejo son los únicos que están bajo - el control del hombre y pueden ser manipulados dependiendo - del riesgo para la resistencia que revelan los factores genéticos y fisiológicos; en base a lo anterior, el manejo integrado de plagas (MIP) es el camino más viable para retardar o prevenir la resistencia, debiendo incluir estrategias para que se minimice el uso de plaguicidas y por ende, el desarrollo evolutivo de dicha resistencia. De acuerdo al mismo autor, las medidas para el manejo de la resistencia se reconocen bajo tres categorías principales que son: manejo por moderación, por saturación y por ataque múltiple.

Manejo por Moderación

Se logra mediante el uso de dosis bajas de insecticidas que permiten en una población la existencia de individuos

con genes susceptibles, los cuales son un recurso valioso - que debe ser conservado ya que a través de la presión de selección la frecuencia génica inicial en una población silvestre se revierte en favor de la resistencia. Así, la aplicación de dosis bajas que pueden matar a los individuos Ss tales como la DL_{90} o menos, son suficientes para que la susceptibilidad de la población se mantenga; igualmente, la aplicación de insecticidas con umbrales económicos altos, permite menos aplicaciones, lográndose la cobertura casi total de la población con una menor presión de selección (Georghiou, 1983).

Manejo por Saturación

Georghiou (1983) indicó que este término es utilizado en cultivos de alto valor donde el daño por plagas debe ser mínimo, lo cual se logra con aplicaciones frecuentes y altas dosificaciones de insecticidas, esto no implica la saturación del medio ambiente, pero sí de los mecanismos de defensa del insecto mediante dosis que pueden superar la resistencia. Añade que lo anterior se puede lograr mediante el suministro de genes resistentes (RR) funcionalmente recesivos o con el uso de sinergistas específicos.

Manejo por Ataque Múltiple

Georghiou (1983) mencionó que el término ataque múltiple se refiere a la aplicación de químicos multidireccionales en la presión de selección a corto y a largo plazo, derivándose de los productos inorgánicos empleados tiempo -

atrás cuya acción se extendía a varios sitios del insecto. Agrega que artificialmente se puede lograr algo similar mediante el uso de mezclas y de la rotación alterna de los insectos órgano-sintéticos actuales.

Rotación Alterna de Insecticidas

Es uno de los medios más prácticos para tratar con el vasto problema de la resistencia y consiste en mantener una revisión cuidadosa de la susceptibilidad de las poblaciones de insectos plaga, utilizando pruebas normales para su determinación. De esta manera, cuando parece ser que una cantidad apreciable de resistencia ha resultado del uso de una sustancia química dada, ésta debe ser reemplazada por un producto de grupo diferente (Metcalf y Flint, 1981).

El concepto rotacional como un medio anti-resistencia, asume que los individuos pueden ser resistentes a un químico pero susceptibles a otro, y que existe la posibilidad de regresión de la resistencia si los productos son rotados cuando aún no se logra la homocigosis completa respecto a genes resistentes. Así, la alternancia de productos químicos consiste en determinar la secuencia óptima para su uso y la etapa en la cual un cambio debe hacerse, tomando en cuenta si los productos involucrados exhiben recíprocamente resistencia cruzada (Cremllyn, 1982).

El grado y velocidad de resistencia, puntualizó Georghiou (1983), parece estar en función del gen que la confiere; hipotéticamente, entre más tiempo pase antes de

volver a utilizar determinado insecticida, la susceptibilidad es mayor, pero el potencial de reversión a la resistencia es usualmente mucho más alto que cuando inicialmente se empleó.

Fuertes evidencias parecen indicar que la resistencia por genes es rara en la mayoría de los casos en poblaciones naturales, pero en medio donde sí es posible, se conserva en pequeñas frecuencias de selección natural e individuos que tienen menores aptitudes reproductivas que los normales. La ventaja de los individuos susceptibles es que conducen hacia la reversión de la resistencia si la selección por insecticidas es retirada después de la homocigosis genética hacia la resistencia. Cuando una desventaja reproductiva está asociada con la resistencia, el momento de alternar un insecticida con otro es más prolongado, resultando en un incremento sustancial en el tiempo requerido para que la resistencia se manifieste (Georghiou, 1980).

Rodríguez (1983) indicó que el uso de secuencias rotacionales de productos químicos, pueden ser consideradas costosas e imprácticas pero en medios donde se requiere un elevado control químico el cual sea coordinado centralmente, la alternativa más prometedora es el establecimiento de un modelo rotacional de grupos toxicológicos, para lo cual son indispensables las siguientes consideraciones:

- a. Seleccionar insecticidas que no presenten resistencia cruzada positiva.

- b. No incrementar las dosis ni el número de aplicaciones de agroquímicos y así evitar el incremento de la presión de selección.
- c. Recurrir al uso de mezclas sólo cuando el complejo de plagas lo amerite.
- d. Realizar aplicaciones aisladas con diferentes productos químicos para evitar aplicaciones totales con un mismo producto.
- e. No usar intensivamente un solo insecticida por tiempo prolongado, ya que se puede llegar a la homocigosis de genes que confieren resistencia.
- f. Emplear en lo posible insecticidas poco residuales.
- g. No realizar aplicaciones por abajo del umbral económico.
- h. El control químico debe de contemplarse dentro de un manejo integrado de plagas.

Resistencia de Insectos a Insecticidas en el Cultivo del Nogal

Estudios realizados en laboratorio sobre larvas del barrenador del ruezno, demostraron pérdida de susceptibilidad a los insecticidas probados, entre ellos el azinfos metil; cuando los valores de la DL_{50} fueron comparados entre poblaciones con y sin aplicaciones de insecticidas, dicha -

pérdida de susceptibilidad fue significativa para azinfosmetil, paratió n metílico y en mayor grado a malatió n; a pesar de lo anterior, esta plaga no fue reportada como resistente (Boethel y Van Cleave, 1972).

Dutcher (s.f.) indicó que en plagas de nogal solamente se han realizado tres estudios toxicológicos para determinar la dosis mortalidad respectiva, y añade que la causa posible es el buen control que se obtiene en ellos a nivel de campo, ya que el control químico está contemplado dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Por su parte, Harris (1983) indicó que se desconocía la existencia de plagas resistentes en el cultivo del nogal hasta 1975 cuando la roña del nogal mostró ser tolerante a benomyl, en Georgia. Esta fue seguida, en 1979, con la manifestación de resistencia del ácaro *Eotetranychus hibisciae* a carbamatos y a organofosforados, en Louisiana, sin reportarse hasta el momento en otras zonas nogaleras. Además, estableció que la rareza de plagas resistentes a pesticidas en huertas nogaleras, se debe a que las poblaciones no sometidas a presión de selección se aparean con aquellas en las que sí reciben aplicaciones de agroquímicos, con lo cual es diluída la selección genética para la resistencia.

Actualmente la literatura no reporta casos de resistencia a insecticidas en las zonas nogaleras de México, quizá porque no se han realizado pruebas de laboratorio que

establezcan la dosis-mortalidad de las poblaciones plaga en el cultivo del nogal; si bien no hay casos declarados de resistencia, algunos investigadores han detectado la falta de control a nivel de campo. Tal es el caso de *Acrobasis nuxvo*r*ella* Neunzig en Zaragoza, Coah., y *Cydia caryana* (Fitch) - en Parras de la Fuente, Coah., en las cuales ha sido necésario incrementar las dosis y número de aplicaciones de los insecticidas tradicionalmente empleados, el azinfosmetil y el fosalone. Si se considera que el 75 por ciento de los insecticidas recomendados para el control de estas plagas son OP, entre los que se incluyen a los dos mencionados (Cuadro 2.3), es factible que la falta de control se deba a la pérdida de susceptibilidad de ambas poblaciones a causa de la alta presión de selección ejercida con los productos ya indicados (Villegas, 1988).

Bujanos y Lagunes (1985) complementan lo anterior - indicando que para hacer frente al problema de la resisten-cia, es necesario detectarla a tiempo, y no se debe esperar a que se manifieste a niveles peligrosos para tomar decisiones al respecto; mencionan que el muestreo o seguimiento periódico del estado susceptible de las poblaciones plagas, - es lo adecuado.

Según Kuhr y Dorrough (1976) la localización de mecanismos y genes responsables de la inmunidad, depende de una técnica para evaluar las diferentes respuestas de suscepti-bilidad y resistencia, lo cual es llevado a cabo por un - examen químico a nivel de laboratorio, comúnmente llamado -

Cuadro 2.3. Insecticidas con los que se ha ejercido presión de selección a poblaciones de *Acrobasis nuxvorella* y *Cydia caryana* en rangos de tiempo representativos y dosis aplicada (cc o gr/100 lt de agua) (Tomado de Villegas, 1988).

| Insecticida | % | | 1967 | 1977 | 1986 |
|------------------|-------|----|------|------|--------|
| DDT | 50 | PH | 180 | 375 | - |
| EPN | 47.30 | CE | 45 | 250 | - |
| Endosulfán | 50 | PH | 90 | - | - |
| Malatión | 50 | PH | 90 | 333 | - |
| Paratión E. | 50 | CE | 36 | 50 | - |
| Paratión M. | 50 | CE | - | - | 150 |
| Carbaryl | 80 | PH | 180 | 312 | - |
| Azinfos etílico | 70 | PH | - | 70 | - |
| Azinfos metílico | 25 | CE | 60 | 180 | 200 |
| Azinfos metílico | 50 | PH | - | 45 | 90-135 |
| Fosalone | 35 | CE | - | - | 175 |
| Fenvalerato | 100 | CE | - | - | 60 |

bioensayo, en donde se utilizan diferentes químicos y dosis que pueden ser aplicados por medio de aplicación tópica, película residual, inyección, aspersion, etc. Guerra y Romero (1985) puntualizaron que la elección de cualquiera de ellos estará influenciada por el tipo de insecto y estado biológico del mismo, siendo lo más común el empleo de la aplicación tópica y película residual.

Con la información obtenida se pueden graficar las líneas de logaritmo dosis-mortalidad, las que variarán su pendiente de acuerdo a la tolerancia o susceptibilidad de los individuos a los valores del tóxico aplicado; teniendo

así una pendiente muy marcada en aquellas poblaciones con poca resistencia (susceptibilidad al tóxico), y una línea con pendiente marcada aquéllas que muestran una mayor resistencia (Hoskins y Craig, 1961).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante el ciclo productivo de 1987 con material biológico colectado sobre nogal pecanero de las localidades de Zaragoza, Parras de la Fuente y Saltillo, Coahuila.

Zaragoza se encuentra ubicada la Noroeste del Estado de Coahuila, mientras que Parras de la Fuente y Saltillo al Sur centro y Sureste respectivamente del mismo, representando dichas áreas las zonas más productoras de nogal en el Estado con las variedades Western y Wichita principalmente. Es importante mencionar que en tales localidades se encuentran en producción un considerable número de nogales criollos que se desarrollan en forma silvestre sin recibir ningún tipo de manejo.

El material biológico colectado fue trasladado a una cámara de cría en el insectario del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en donde se efectuaron los bioensayos objeto del presente estudio.

Desde finales del mes de febrero fueron colocadas --
bandas de cartón corrugado en la huerta del Campo Agrícola --
Experimental de Zaragoza (CAEZAR) y en nogales silvestres --

localizados en el área de Saltillo, con objeto de capturar - pupas de las larvas invernantes del barrenador de la nuez e intentar el apareamiento de los adultos de acuerdo a la técnica empleada con el barrenador del ruezno por Schroeder y Osburn (1969); simultáneamente investigadores del CAEZAR siguieron el ciclo biológico mediante la técnica de unidades calor acumuladas, descrita por Aquirre y Harris (1986), con la cual se detectó el momento de la eclosión de la larva y su penetración a la nuez. Es conveniente mencionar que, por factores abióticos, se presentó retraso del ciclo vegetativo del nogal y alta mortalidad de esta plaga, principalmente en las huertas comerciales elegidas para la colecta del material mencionado, el cual procedió de los árboles criollos establecidos en la zona urbana con alta infestación de esta plaga. Este material se consideró de utilidad dado que su distancia con las huertas comerciales bajo presión de selección con insecticidas es relativa, lo que permite el cruzamiento genético entre poblaciones de ambos tipos.

Se cortaron los pequeños racimos que presentaban nuececillas dañadas con objeto de asegurar la alimentación de las larvas, los cuales fueron colocados en un recipiente de poliuretano de tal manera que su pedúnculo permaneciera en contacto con el agua previamente ahí depositada; de esta manera se mantuvieron en estado fresco por más de cuatro días, durante los cuales las larvas se alimentaron mientras eran utilizadas .

El material biológico del barrenador del ruezno fue obtenido de la huerta comercial "La Jaula", propiedad del -

Ing. Oscar Madero, ubicada en Parras de la Fuente y en donde se cultivan principalmente las variedades Western y Wichita. Desde finales de agosto y hasta mediados de noviembre, se colectaron las larvas de este insecto, primero de los rueznos caídos y posteriormente de las nueces cortadas del árbol en cuyos rueznos se manifestaba el daño característico con presencia de la larva.

En Saltillo, ambas colectas dieron inicio aproximadamente siete días antes que en las dos localidades mencionadas, ya que la brotación y fructificación de los árboles seleccionados en la zona urbana fue más temprana.

Por medio del bioensayo se determinaron las DL_{50} de *A. nuxvorella* y *C. caryana* procedentes de poblaciones sujetas a presión de selección con insecticidas en Zaragoza y Parras de la Fuente respectivamente, las cuales fueron comparadas con los valores obtenidos para aquéllas procedentes de poblaciones sin presión de selección en Saltillo; de esta manera fue posible determinar su susceptibilidad a los insecticidas empleados.

Antes de realizar cada bioensayo se extrajeron las larvas por disección de la nuez y se seleccionaron aquéllas con un peso promedio de 15 ± 3 mg y una longitud de 8 a 10 mm. Las pruebas se realizaron al día siguiente de ingresado el material a la cámara de cría bajo las mismas condiciones y lapsos de tiempo; los datos de mortalidad se tomaron a las 24 hr después, dando por muerta a aquella larva con lesiones

severas y que vistas al microscopio estereoscópico, exhibió mínima movilidad. Una vez puesta la larva en contacto con el tóxico se mantuvieron a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ con un fotoperíodo diario de 12 hr con luz artificial, para evitar contaminación en el material vegetal se mantuvo la humedad relativa ambiente.

La técnica de película residual descrita por Plapp (1971) fue utilizada para la realización de este trabajo, la cual consistió en verter 1 ml de solución insecticida disuelto en acetona, dentro de cada frasco de vidrio transparente de 110 ml de capacidad y rodarlo de tal manera que quedara impregnado por completo, incluso la tela muselina colocada como tapadera sujeta por una liga de hule. Las larvas fueron depositadas en dichos frascos una vez que el solvente se hubiera evaporado; con etiqueta engomada cada frasco fue clasificado con la fecha, especie, insecticida, dosis y número de repetición para facilitar la toma de datos.

Los insecticidas en grado técnico y los grupos toxicológicos a los que pertenecen de acuerdo a la clasificación de Laquines y Rodríguez (1985) son los siguientes:

Grupo de los carbamatos cíclicos monometil (CC-MM)

Carbaryl (1-nafilmetil carbamato), al 100 por ciento.

Grupo de los organofosforados heterocíclicos enlace

P=S dimetil (FH-SM)

Azinfosmetil 0,0 dimetil S₁₄ -Oxo-3H-1,1,3-Benzotriazina-3-il) Metil fitiosfosfoato, al 93.8 por ciento.

Grupo de los organofosforados heterocíclicos enlace P-S dietil (FH-SE).

Fosalone-S-(b-cloro-2-oxo-3-benzoxazolini)metil 0,0-dietil fósforo ditioato, al 93.0 por ciento.

En base al porcentaje de pureza de los insecticidas mencionados se prepararon las diluciones en partes por millón (ppm), empleando como solvente acetona industrial purificada, las cantidades de material técnico correspondiente para obtener 30 ml de una solución madre al 10,000 ppm fueron pesadas con una balanza analítica digital con capacidad de .0001 a 160 gr. A partir de esta solución se prepararon, utilizando pipetas de 5 y 10 ml, 30 ml de cada dilución subsecuente previamente determinadas para los bioensayos preliminares y el definitivo dentro del rango de mortalidad elegido; dichas diluciones fueron los tratamientos aplicados, cada una a intervalos proporcionales (Cuadro 3.1). Cada dilución (dosis) fue depositada en un frasco de 35 ml de capacidad color ámbar con tapón de cierre hermético, cubierto con papel aluminio y etiquetado tanto el frasco como el papel aluminio para posteriormente mantenerlos a una temperatura de cinco a 10°C cuando no se requería de ellos.

La realización de los bioensayos preliminares fue con la finalidad de obtener el rango de respuesta de cada una de las especies a los tóxicos aplicados mediante el uso de dosis ampliamente separadas, dicho rango estuvo comprendido entre las dosis que originaron un mínimo de 12 por ciento

Cuadro 3.1. Diluciones (ppm) empleadas para la obtención de las líneas de respuesta dosis-mortalidad de *Acrobasis nuxvorella* N. y *Cydia caryana* (F.). UAAAN, 1988.

| Dosis (ppm) | <i>A. nuxvorella</i> | | | | <i>C. caryana</i> | | | | | |
|----------------|----------------------|----|----------|----|-------------------|----|----|----------|----|----|
| | Saltillo | | Zaragoza | | Saltillo | | | Zaragoza | | |
| | Am. | C. | Am. | C. | Am. | C. | F. | Am. | C. | F. |
| 30 | * | * | - | * | - | * | - | - | * | - |
| 100 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | - |
| 200 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | - |
| 300 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 400 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 500 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 600 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 700 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 800 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 900 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 1000 | - | * | * | * | * | * | * | - | * | * |

* Diluciones utilizadas

- Diluciones no utilizadas

Am.: azinfosmetil

C.: Carbaryl

F.: Fosalone

y un máximo del 90 por ciento de mortalidad corregida cuando se presentó mortalidad en el testigo. Las dosis empleadas para todos los casos fueron: 10, 30, 100, 300, 1,000, 3,000 y 10,000 ppm, con un testigo a base del solvente.

La aplicación del tóxico se realizó con pipetas de 1 ml, con las cuales fue succionado del frasco correspondiente tomando la precaución de marcar las pipetas con la dosis en la que se utilizó y así evitar contaminación de dosis bajas con las altas, tal y como se hizo al preparar las diluciones.

Al momento de correr los bioensayos, las larvas - seleccionadas fueron colocadas en los frascos mediante pinzas de disección acondicionadas con papel suave en la punta para asegurar su perfecto estado aun después de cada toma - de datos.

Una vez obtenido el rango de respuesta de cada especie para los diferentes insecticidas, se procedió a ajustar las dosis a intervalos relativamente pequeños con el objeto de tener un adecuado número de puntos intermedios y - así poder observar con mayor exactitud la respuesta del insecto al tóxico en el análisis estadístico.

El procedimiento fue el mismo que el anterior - excepto que las nuevas diluciones se prepararon a partir de la dosis que ocasionó mayor mortalidad; cada vez que se utilizaron las diluciones fueron retiradas de la baja temperatura a la que se sometieron y se esperó el tiempo necesario para que alcanzaran por sí mismas la temperatura ambiente, una vez desocupadas se colocaron nuevamente a bajas temperaturas.

Así, los bioensayos para determinar la línea de - dosis-respuesta constó de un número variable de dosis dependiendo de la susceptibilidad del insecto. Cada dosis (tratamiento) constó de cuatro repeticiones con cinco larvas cada una para facilitar las lecturas, y un testigo equivalente - para el total de dosificaciones incluidas para un solo insecticida.

Los datos de mortalidad obtenidos fueron corregidos mediante la fórmula de Abbot (1925) sólo ante la presencia de mortalidad en el testigo, para finalmente ser analizados estadísticamente sin tomar en cuenta las que originaron el 0 y 100 por ciento de mortalidad, mediante la transformación Probit (Finney, 1971) cuyos parámetros se estimaron por el método de Máxima Verosimilitud descrito por Infante y Calderón (1980). Mediante este método se obtienen estimaciones mucho más eficientes, es decir, estimadores insesgados con mínima varianza.

Hecho lo anterior, se obtuvieron adicionalmente:

- a. El intervalo de confianza dentro del cual fluctuó el valor que originó el 50 por ciento de mortalidad (DL_{50}) con una probabilidad del 95 por ciento.
- b. La prueba de bondad de ajuste del modelo a la dispersión de los valores obtenidos al 95 por ciento de confianza, con lo que se comprobó que el modelo estadístico empleado es el adecuado, lo que permitió inferir sobre el estado verdadero de susceptibilidad de las poblaciones plaga estudiadas (Infante y Calderón, 1980).
- c. Los límites fiduciales o bandas de confianza con una probabilidad del 0.95, con los cuales se determinaron las desviaciones de los puntos obtenidos alrededor de la recta estimada y con ello

una idea del error al azar del método estadístico utilizado (Infante y Calderón, 1980).

Finalmente, los resultados obtenidos en los bioensayos fueron representados gráficamente en escala logarítmica y valores próbit, con lo que se obtuvieron las líneas de respuesta dosis-mortalidad correspondientes, cuya pendiente (coeficiente de regresión) permitió inferir sobre el estado susceptible de las especies estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con objeto de establecer una secuencia en la presentación de este capítulo, primero se hará referencia a *Acrobasis nuxvorella* Neunzig procedente de Zaragoza, Coah, posteriormente a *Cydia caryana* (Fitch) de Parras de la Fuente, Coah, ambas con su respectivo testigo que fue la localidad de Saltillo, Coah, y por último se presentará una discusión general sobre éstos en forma conjunta para resaltar algunos aspectos interesantes que les atañe.

Acrobasis nuxvorella Neunzig

Las dosis utilizadas para la obtención de las líneas dosis-mortalidad en base al rango de respuesta obtenidos en los bioensayos preliminares, se indicaron en el Cuadro 3.1, ahí se puede observar que la mortalidad larval se inicia a partir de 30 ppm excepto en el bioensayo con azinfosmetil - en la localidad de Zaragoza, ya que con este insecticida se inició a 100 ppm; la mortalidad total se obtuvo en la dosis de 1000 ppm a excepción del bioensayo con azinfosmetil en la localidad de Saltillo, en donde dicha mortalidad se originó en la dosis de 900 ppm. Sin embargo, para efecto del análisis estadístico, sólo se tomaron en cuenta aquellas -

dosis que originaron entre el cinco y el 95 por ciento de la mortalidad, tolerando un máximo del 10 por ciento en el testigo, tal como se observa en los Cuadros A.1, A.2, A.3 y A.4, que aparecen en el apéndice, indicando los datos con los cuales se realizó dicho análisis estadístico.

La obtención de las líneas de regresión dosis-mortalidad y los valores correspondientes a las dosis letal media (DL_{50}) y dosis letal 95 (DL_{95}) reportados en el presente estudio, estuvieron directamente ligados al coeficiente de determinación (r^2) de los datos sometidos a regresión en el análisis Próbit inicial, es decir, la necesidad de ponderación de los estimadores β_0 (intersección en el origen) y β_1 (pendiente de la línea) mediante el método de máxima verosimilitud fue menor cuando se obtuvo un r^2 superior al 92 por ciento, como en el caso de carbaryl en Zaragoza y azinfosmetil en Saltillo, en donde la mortalidad observada tuvo una correlación con la dosis que las originaron, del 94 al 98 por ciento respectivamente y a pesar de que en ambos casos sólo fue necesaria una ponderación, la prueba de bondad de ajuste (χ^2) expresó los valores más bajos, indicativo de que el modelo estadístico empleado explicó con un 95 por ciento de confianza el comportamiento de los resultados obtenidos en los bioensayos (Cuadros A.1 y A.3 del apéndice). Por el contrario, cuando se presentó un r^2 igual o menor al 92 por ciento, el número de ponderaciones fue mayor, como en el caso de carbaryl en Zaragoza y azinfosmetil en Saltillo, con 87 y 92 por ciento de correlación respectiva; en

el primer caso sólo se realizaron dos ponderaciones, ya que se consideró que la diferencia entre los resultados obtenidos era mínima, pero el alto valor encontrado en la χ^2 (10.16) posiblemente indicaba que con una tercera ponderación, el modelo estadístico se ajustaría más a la dispersión de los datos en los bioensayos, quizá como en el segundo caso, en donde con tres ponderaciones, la χ^2 disminuyó hasta 2.96 - siendo muy aceptable el ajuste del modelo (Cuadros A.2 y A.4 del apéndice).

Cabe hacer notar que la mortalidad en los testigos de los bioensayos con azinfosmetil en ambas localidades - (Cuadros A.1 y A.2 del apéndice), hizo necesaria la corrección de la mortalidad observada en todas las dosis empleadas, esto indujo a que la mortalidad se concentrara aún más en igual número de dosis y en diferentes sentidos; para Saltillo en las dosis bajas (100 a 800 ppm) y en las dosis altas para Zaragoza (de 300 a 1000 ppm). El efecto de la anterior se manifiesta en la Figura 4.1, en la cual se indican las líneas de regresión dosis-mortalidad, sus límites fiduciaros y la ecuación de predicción empleada con este insecticida en las localidades de Saltillo y Zaragoza; por la posición de las líneas se puede observar que las larvas de Saltillo son más susceptibles al azinfosmetil que las procedentes de Zaragoza, ya que estas últimas requieren mayor dosificación para alcanzar el mismo nivel de mortalidad, lo cual indica un incipiente caso de tolerancia a este producto en dicha localidad, la respuesta genética es más -

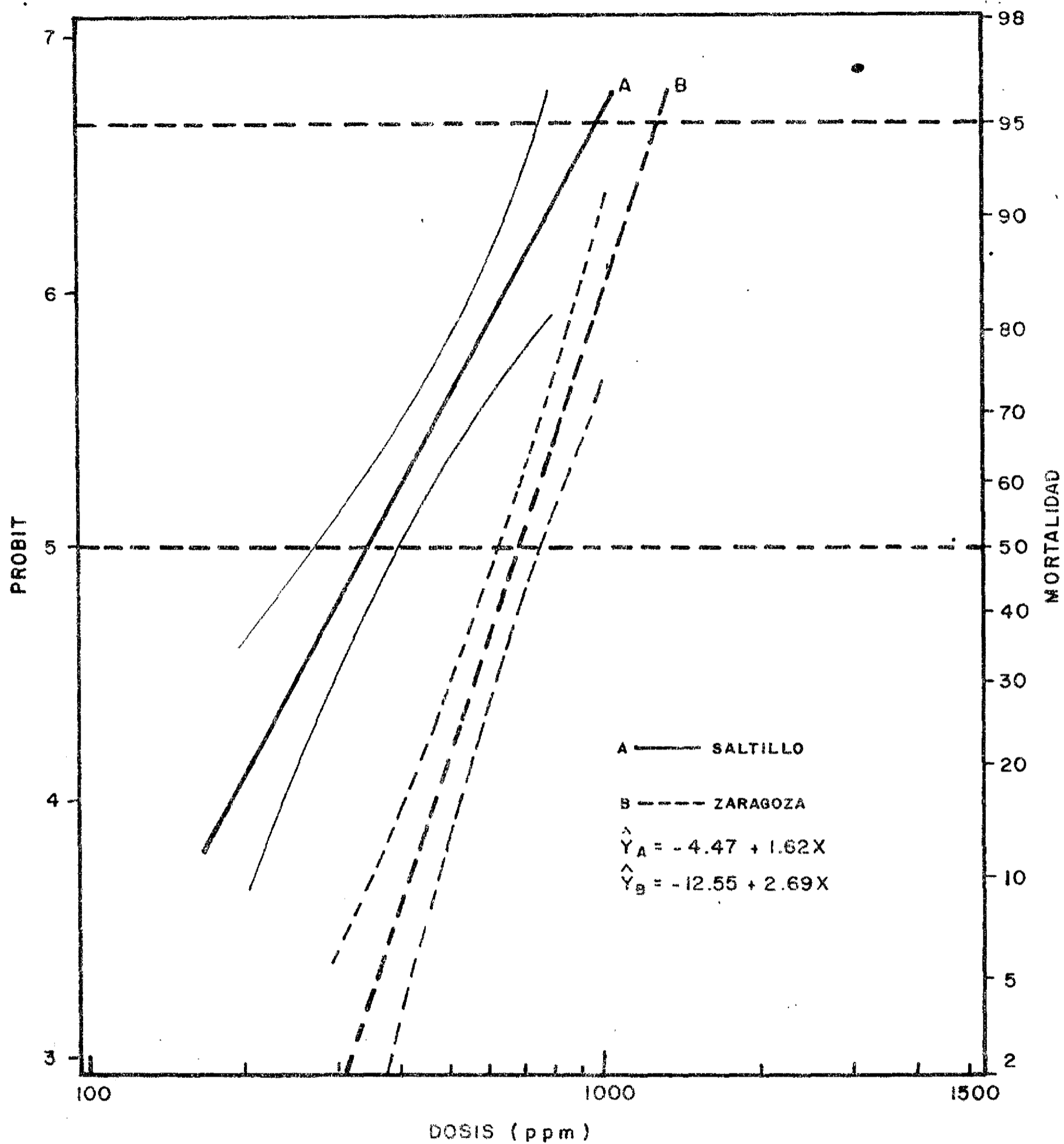


Figura 4.1 Líneas de regresión de dosis - mortalidad, límites fiduciaros y ecuación de predicción del insecticida azinfosmetil en *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, procedente de Saltillo (testigo) y Zaragoza, Coah. UAAAN, 1988

homogénea (pendiente de 2.69) que la de Saltillo (pendiente de 1.62) debido precisamente a una selección de los individuos a causa de la eliminación de los más susceptibles. De acuerdo a Brito (1966), los límites fiduciaros presentes en dicha gráfica son indicativos de que la diferencia en posición y pendiente de las líneas ahí ilustradas es significativa puesto que no existe traslape entre las dosis que los originaron.

El contraste lo presentó el carbaryl en ambas localidades, ya que en el testigo no se manifestó mortalidad, la cual estuvo distribuida más equitativamente en larvas de Zaragoza con dosis de 100 a 800 ppm, pero en Saltillo dicha mortalidad fue más notoria a bajas dosificaciones (de 100 a 300 ppm) y más pausada a partir de 400 y hasta 900 ppm (Cuadros A.3 y A.4 del apéndice). Lo anterior originó que en la Figura 4.2 la línea de regresión para carbaryl en Saltillo presentara una pendiente menos pronunciada (1.16) y en apariencia mayor tolerancia a este insecticida que en la localidad de Zaragoza, quien presentó una pendiente superior (1.44); lo cierto es que la posición de dichas líneas de regresión dosis-mortalidad están tan cercanas y las DL son tan similares, que más bien expresan diferencias de diversidad genética entre las poblaciones de ambas localidades y no una tendencia hacia la resistencia. Tal similitud de las DL_{50} es palpable en la intersección de las líneas al nivel aproximado de 58.8 por ciento de mortalidad, lo que indica que con la misma dosis se logrará en ambas

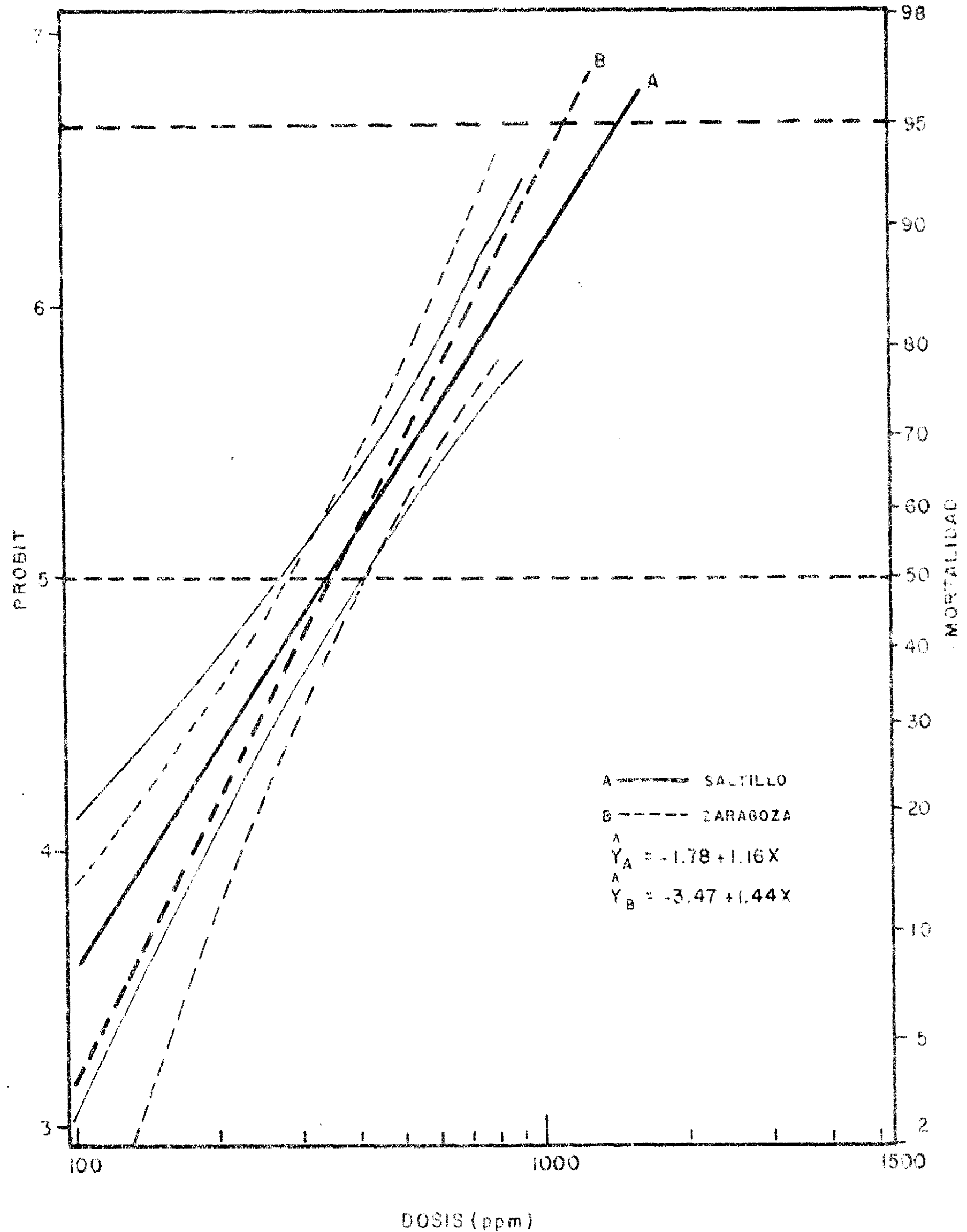


Figura 4.2 Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida carbaryl en *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, procedente de Saltillo (testigo) y Zaragoza, Coah. UAAAN, 1988.

poblaciones dicho porcentaje, no así en la DL_{95} que incluso contra lo esperado, se requiere una mayor dosificación en Saltillo que en Zaragoza y que, como ya se mencionó, el motivo se considera un factor más dependiente de la diversidad genética que por otra causa, debido a que es un producto no utilizado en forma consistente para el combate de este insecto.

Los límites fiduciaros para las líneas dosis-mortalidad que se indican en la figura en cuestión, expresan de acuerdo al autor ya mencionado que no existe diferencia significativa entre éstas por el hecho del marcado traslape entre las dosificaciones que les dan forma.

Para auxiliar el entendimiento de las gráficas, en el Cuadro 4.1 se indican las dosis letales obtenidas en larvas de *A. nuxvorella* procedentes de las localidades de Saltillo y Zaragoza, Coah., de acuerdo a dicho cuadro, el orden de mayor a menor toxicidad de los insecticidas probados al nivel de la DL_{95} fue carbaryl en ambas localidades, con valores de 337 y 348 ppm respectivamente, y luego azinfosmetil con 343 y 675 ppm.

Cuadro 4.1. Dosis letales obtenidas en larvas de *Acrobasis nuxvorella* Neunzig procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988.

| Localidad | Insecticidas | ppm | |
|--------------------|--------------|-----------|-----------|
| | | DL_{50} | DL_{95} |
| Saltillo (testigo) | Azinfosmetil | 343 | 947 |
| | Carbaryl | 337 | 1383 |
| Zaragoza | Azinfosmetil | 675 | 1244 |
| | Carbaryl | 348 | 1084 |

Así, al comparar en el Cuadro 4.2 los valores proporcionales de tolerancia y su incremento equivalente obtenido, se determinó que los insecticidas carbaryl y azinfosmetil fueron al nivel de la DL_{50} respectivamente 1.01 y 1.96 veces menos tóxicos en larvas de Zaragoza que en las de Saltillo, lo cual indica que a este nivel *A. nuxvorella* de Zaragoza, Coah., es 332 ppm más tolerante a azinfosmetil mientras que a carbaryl sólo lo es en 11 ppm. Lo anterior sólo se puede explicar si se toma en cuenta que las larvas de Saltillo no han sido sometidas a presión de selección por parte de estos insecticidas, de ahí que expresen mayor mortalidad a dosis menores que en Zaragoza, en donde el uso del azinfosmetil las somete a presión de selección, requiriéndose el incremento tóxico especificado para obtener resultados similares de mortalidad que en la localidad testigo; en lo que respecta al incremento del carbaryl, aun cuando es muy ligero, lo más probable es que se deba a un efecto secundario ocasionado por la tolerancia al azinfosmetil debido a que estos dos insecticidas, a pesar de ser estructuralmente diferentes, exhiben el mismo sitio de acción en el insecto, en otras palabras, los resultados indican la posibilidad de que se presente resistencia cruzada positiva entre ambas, a pesar de que en Zaragoza el uso de carbaryl ha sido mínimo.

Al hacer la misma comparación al nivel de la DL_{95} , en el Cuadro 4.1 se notará que el azinfosmetil fue más tóxico en Saltillo, con 947 ppm, y el carbaryl en Zaragoza, con 1048 ppm; esto muestra que proporcionalmente la toxicidad -

Cuadro 4.2. Valores proporcionales de tolerancia y su incremento equivalente en larvas de *Acrobasis nuxvomella* Neunzig procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN. 1988.

| Localidad | Insecticida | Tolerancia proporcional | | *Incremento equivalente (ppm) | |
|-------------|--------------|-------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | | DL ₅₀ | DL ₉₅ | DL ₅₀ | DL ₉₅ |
| Saltillo** | Azinfosmetil | - | - | - | - |
| | Carbaryl | - | 1.27x | - | 299 |
| Zaragoza*** | Azinfosmetil | 1.90x | 1.31x | 332 | 297 |
| | Carbaryl | 1.01x | - | 11 | - |

* Resta del valor menor al mayor (sólo para los casos de tolerancia)

** División de las DL₅₀ y DL₉₅ de la localidad de Saltillo entre la de Zaragoza.

*** División de las DL₅₀ y DL₉₅ de la localidad de Zaragoza entre la de Saltillo.

del azinfosmetil aumenta en Saltillo, lo que originó que la tolerancia en Zaragoza disminuyera hasta 1.31 veces, equivalente a 297 ppm, mientras que la tolerancia al carbaryl se invirtió, por lo que las larvas procedentes de Saltillo toleran 1.27 veces (299 ppm) más de este tóxico que las de Zaragoza, como se puede observar en el segundo cuadro.

Lo anterior es explicable si se observa que en la Figura 4.2 la posición de la línea correspondiente a Saltillo muestra una mayor amplitud de dosis, lo cual pudiera indicar una mayor diferenciación del mosaico genético, aun dentro de los mismos individuos susceptibles, mientras que la línea de Zaragoza, por ser más vertical, indica una frecuencia genética relativamente homogénea en su población larva.

Sin embargo, a pesar de que la pérdida de susceptibilidad ha sido catalogada de "incipiente tolerancia", es -

clara la capacidad de esta plaga para evolucionar hacia formas resistentes si no se toman las medidas preventivas para evitarla en el momento adecuado.

Cydia caryana (Fitch)

En el Cuadro 3.1 se puede observar que los insecticidas utilizados en esta especie (azinfosmetil, carbaryl y fosalone), iniciaron su mortalidad con 100 ppm, a excepción del carbaryl, donde dio inicio con una dosis inferior a la de 30 ppm en las dos localidades, obteniéndose la mortalidad total en 1000 ppm, excepto con azinfosmetil en la localidad de Parras de la Fuente, que lo fue con 900 ppm. Siguiendo el mismo criterio que en la especie anterior, en los Cuadros A.5, A.6, A.7, A.8, A.9 y A.10 que aparecen en el apéndice, se indican las dosis y datos con los cuales se realizó el análisis estadístico.

En este caso fue más notoria la relación existente entre el r^2 y la necesidad de ponderación de los estimadores β_0 y β_1 , ya que en su mayor parte los resultados obtenidos indicaron que el modelo explica en menor grado la respuesta del insecto a los tóxicos, reflejándose lo anterior en los valores de la χ^2 o ajustes del modelo. Ejemplos extremos lo representan, por un lado, en Saltillo el azinfosmetil y el carbaryl con un r^2 de 98 por ciento, necesitando una sola ponderación de sus estimadores para lograr la estabilización requerida y el mejor ajuste del modelo con una χ^2 de 0.51 y 1.45 respectivamente (Cuadros A.5 y A.7 del apéndice);

el otro extremo lo ejemplifican en Parras el fosalone y el azinfosmetil con un r^2 respectiva de 86 y 87 por ciento, a pesar de este valor bajo, sólo se realizaron dos ponderaciones por considerarse no significativa la diferencia entre los resultados obtenidos con la estabilización lograda; quizá, esto se debe a que la χ^2 resultantes fueron las más altas (6.41 y 6.00) y en consecuencia los casos de menor ajuste del modelo (Cuadros A.7 y A.10 del apéndice). Los valores intermedios se lograron con fosalone en Saltillo y carbaryl en Parras (Cuadros A.8 y A.9 del apéndice).

El comportamiento anterior indica una respuesta muy heterogénea de esta plaga a los plaguicidas ya mencionados, por lo que hace pensar que el mosaico genético en ambas localidades es amplio, especialmente en la de Saltillo, como se podrá observar en las figuras correspondientes a cada insecticida.

En la Figura 4.3 se observan las líneas de regresión dosis-mortalidad del insecticida azinfosmetil en la localidad de Parras y Saltillo, así como sus límites fiduciarios y la ecuación de predicción con la que se obtuvieron; por la posición que exhiben las líneas se deduce que al nivel de la DL_{50} las larvas de *C. caryana* procedentes de Parras de la Fuente, Coah., son más tolerantes al azinfosmetil que las originarias de Saltillo puesto que requieren una dosificación mayor para obtener el mismo 50 por ciento de mortalidad que se obtuvo en esta última localidad con dosis menores. Por el

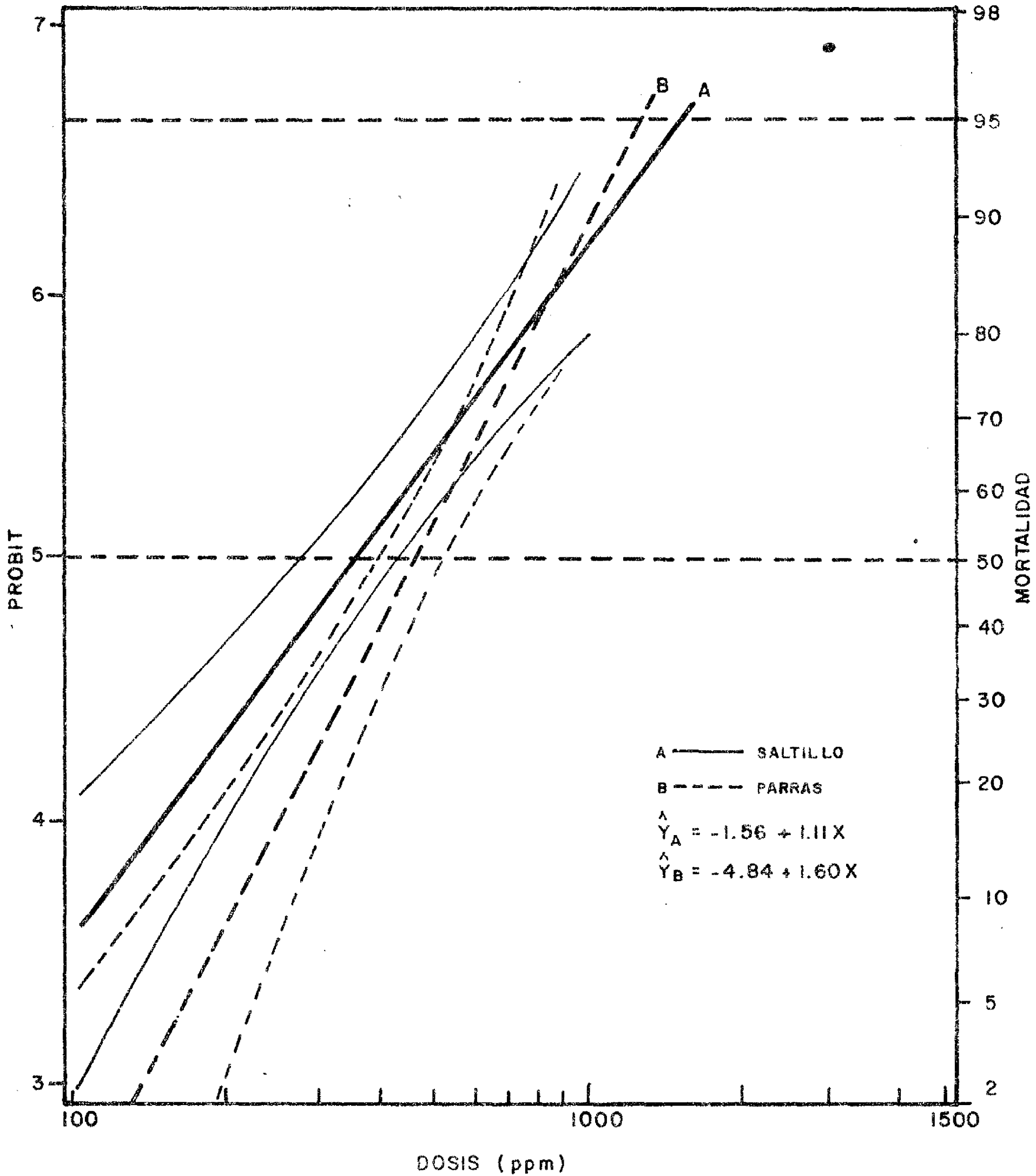


Figura 4.3 Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciarios y ecuación de predicción del insecticida azinfosmetil en *Cydia caryana* (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988.

contrario, para alcanzar el 95 por ciento de mortalidad, las larvas de Saltillo necesitaron una dosis letal mayor que las de la primera localidad considerándosele por ello más tolerantes a este nivel. El anterior comportamiento se debe a que su rango de respuesta fue más amplio, abarcando un mayor número de dosis con una mortalidad más pausada en las dosis superiores y en consecuencia una pendiente menor (1.11); no así en Parras, cuya pendiente mayor (1.60), originada por una mortalidad inicial a dosis más altas, a un menor número de ellas y a una mortalidad más homogénea, ocasionó que ambas líneas se interceptaran e invirtieran los resultados. A pesar de lo anterior, la toxicidad diferencial en ambas localidades no es significativa ya que el traslape de los límites fiduciaros indican que es posible obtener con dosis menores las mismas mortalidades de las dosis altas; esta significancia disminuye al nivel de la DL_{95} debido al mayor traslape que existe, el cual es acentuado por la intersección de las líneas en una mortalidad cercana al 84 por ciento, la misma que se obtendrá en las dos localidades con una dosis aproximada de 870 a 900 ppm.

Las inferencias anteriores resultan más objetivas si se analiza el Cuadro 4.3, en donde se expresan las dosis letales obtenidas en los bioensayos corridos con azinfosmetil en las dos localidades mencionadas. Ahí se indica que efectivamente este insecticida es más tóxico en la DL_{50} (354 ppm) y poco menor en la DL_{95} (1543 ppm) en larvas de Saltillo que en las de Parras, ya que éstas requirieron para una DL_{50} de

464 ppm y para la DL_{95} de 1295 ppm. Proporcionalmente estos valores indican que *C. caryana* de Zaragoza tolera al nivel de la DL_{50} 1.31 veces más de este insecticida (110 ppm), mientras que al nivel de DL_{95} , Saltillo hace lo propio con 1.19 veces, equivalentes a 248 ppm (Cuadro 4.4). Los resultados obtenidos en la DL_{50} concuerdan con los arrojados por Boethel y Van Cleave (1972) ya que ellos reportan que esta plaga es más tolerante al azinfosmetil cuando sus larvas son sometidas a presión de selección previa, como en este caso, puesto que en Parras, Coah. este insecticida ha sido el más empleado para el control de este insecto desde tiempo atrás.

Cuadro 4.3. Dosis letales obtenidas en larvas de *Cydia caryana* (Fitch) procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN, 1988.

| Localidad | Insecticida | (ppm) | |
|--------------------|--------------|-----------|-----------|
| | | DL_{50} | DL_{95} |
| Saltillo (testigo) | Azinfosmetil | 354 | 1543 |
| | Carbaryl | 303 | 1022 |
| | Fosalone | 548 | 1224 |
| Parras | Azinfosmetil | 464 | 1295 |
| | Carbaryl | 359 | 1097 |
| | Fosalone | 727 | 1233 |

En el mismo Cuadro 4.3 se puede observar que el insecticida carbaryl representa un caso similar al ya descrito, sólo que con respuestas más homogéneas. De esta manera se puede observar que en Saltillo existe una mayor susceptibilidad de las larvas, ya que este producto resultó más

tóxico en ambos niveles ($DL_{50} = 303$ y $DL_{95} = 1022$ ppm), que en Parras en donde resultó menos tóxico, por lo que se requirió una dosis mayor para alcanzar los mismos niveles de mortalidad ($DL_{50} = 359$ y $DL_{95} = 1097$ ppm). en el Cuadro 4.4 se indica que la tolerancia proporcional al primer nivel es de 1.18 veces, equivalente a 56 ppm, mientras que al segundo nivel lo es de 1.07 veces y equivalencia es de 75 ppm, pudiendo no tomarse en cuenta la ligera diferencia que se observa. La homogeneidad de la respuesta y la no significancia entre estas dos localidades se puede apreciar en la Figura 4.4, en la cual se muestran las líneas de regresión dosis-mortalidad, límites fiduciaros y la ecuación de predicción correspondiente al insecticida carbaryl. La menor susceptibilidad de *C. caryana* en Parras, manifiesta por la posición de la línea con respecto a la de Saltillo, es posible que sea inducida por el uso del azinfosmetil y del fosalone, ya que en esta localidad no se utiliza el carbaryl para el control de esta especie, por lo cual la diferencia entre ambas localidades resulta no significativa, siendo consideradas susceptibles a este insecticida.

Lo anterior toma mayor validez si se considera que esta especie también responde favorablemente al fosalone, tolerando dosis mayores que las ordinarias para el testigo (Saltillo), como puede observarse en la Figura 4.5, en ésta se indican las líneas de regresión dosis-mortalidad por las cuales se aprecia que este insecticida es menos tóxico que los anteriores, puesto que fue necesario más insecticida

Cuadro 4.4. Valores proporcionales de tolerancia y su incremento equivalente en larvas de *Cydia caryana* (Fitch) procedentes de dos localidades de Coahuila. UAAAN, 1988.

| Localidad | Insecticida | Tolerancia proporcional | | *Incremento equivalente | |
|-------------|--------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | | DL ₅₀ | DL ₉₅ | DL ₅₀ | DL ₉₅ |
| ** Saltillo | Azinfosmetil | - | 1.19 x | - | 248 |
| | Carbaryl | - | - | - | - |
| | Fosalone | - | - | - | - |
| *** Parras | Azinfosmetil | 1.31x | - | 110 | - |
| | Carbaryl | 1.18x | 1.07 x | 56 | 75 |
| | Fosalone | 1.32x | 1.00 x | 179 | 9 |

* Resta de valores menor a mayor (sólo para los casos de tolerancia)

** División de la DL₅₀ y DL₉₅ de la localidad de Saltillo entre las de Parras.

*** División de las DL₅₀ y DL₉₅ de la localidad de Parras entre las de Saltillo.

para la obtención de la misma mortalidad, sin descartar la posibilidad de una mayor tolerancia del insecto en forma natural, ya que aún en Saltillo, las dosis para obtener la DL son mayores que para los dos anteriores productos. Así, la respuesta para la localidad de Parras inicia a dosis mayores que en la de Saltillo, siendo claro el no traslape de los límites fiduciarios, por lo que la tolerancia al insecticida es significativa. Dicha significancia disminuye conforme las líneas se aproximan a la dosis letal 95, observándose que a ese nivel el traslape es manifiesto, al grado que la prolongación de tales líneas terminan por intersectarse cerca del 95 por ciento de mortalidad.

Numéricamente se presenta lo antes dicho en el -

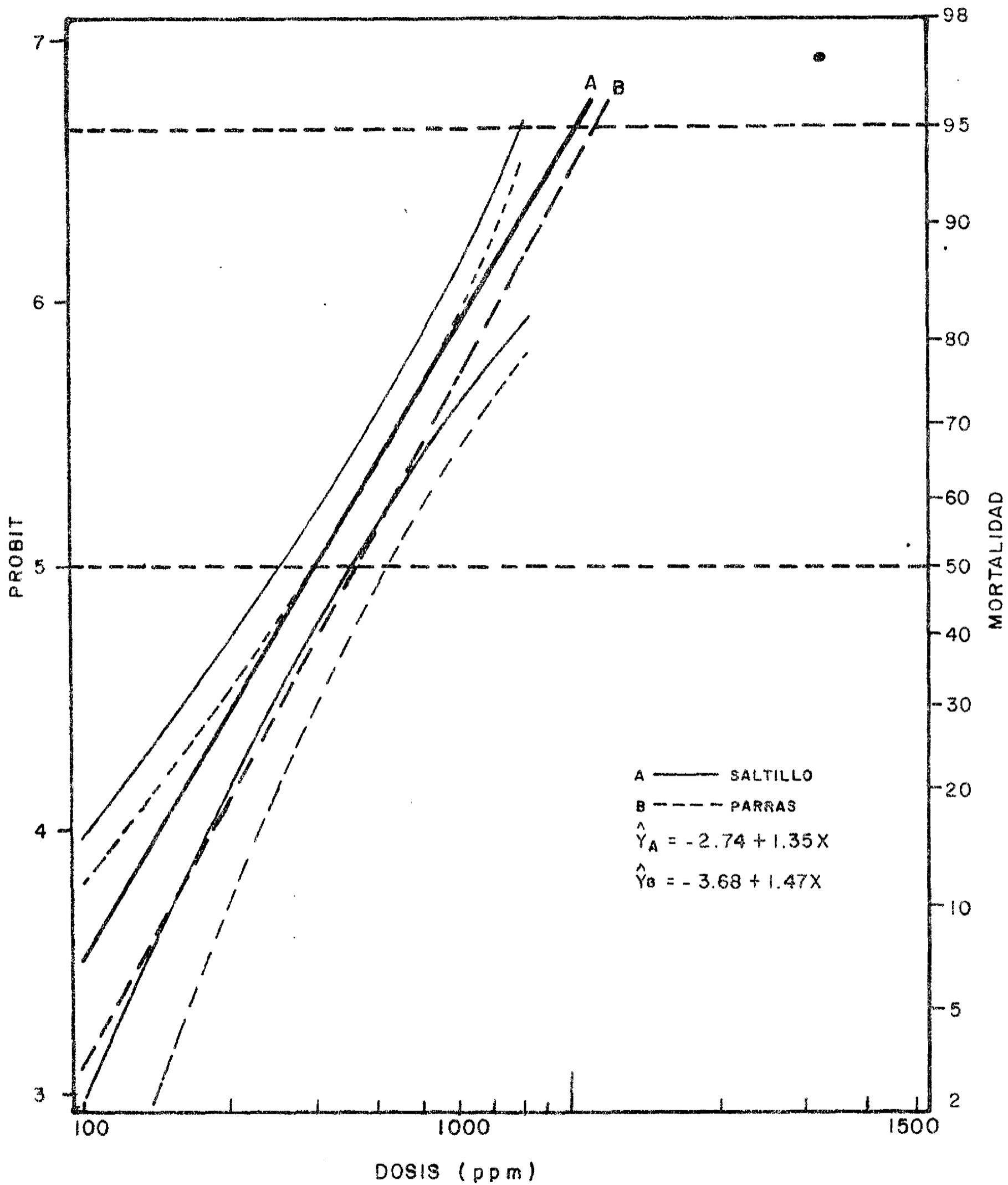


Figura 4.4 Líneas de regresión de dosis-mortalidad, límites fiduciaros y ecuación de predicción del insecticida carbaryl en *Cydia caryana* (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988

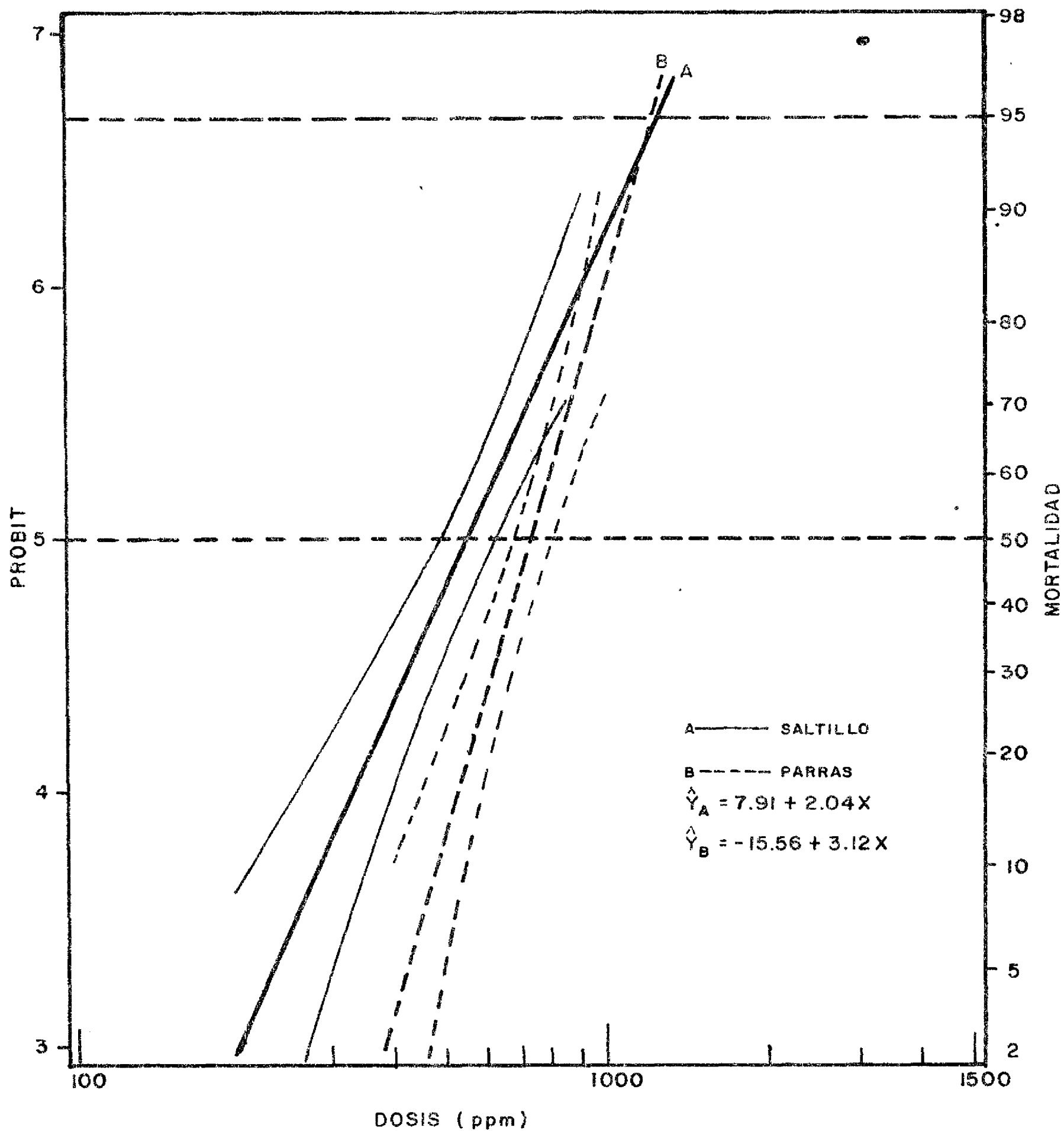


Figura 4.5 Líneas de regresión de dosis - mortalidad, límites fiduciaros y ecuación de predicción del insecticida fosalone en *Cydia caryana* (Fitch), procedente de Saltillo (testigo) y Parras de la Fuente, Coah. UAAAN, 1988.

Cuadro 4.3, en donde se muestra que la DL_{50} de Saltillo y Parras fue de 548 y 727 ppm; siendo las larvas de la segunda localidada 1.32 veces más tolerante que el testigo, lo que equivale a un incremento en la dosis de 179 ppm, esta tolerancia se reduce al nivel de la DL_{95} a 1.00 veces, lo que equivale a 9 ppm de incremento (Cuadro 4.4). Esto pudiera resultar de una buena proporción de genes para la susceptibilidad, presentes en la población larval de Parras, pero comparativamente inferior a la de Saltillo.

En base al conjunto de datos expuestos para *C. caryana*, se puede resumir que el orden de los tres insecticidas mencionados desde el punto de vista de la tolerancia que a ellos presentaron las muestras larvales colectadas en Parras de la Fuente, Coah., fue de mayor a menor el siguiente:

a) Al nivel de la DL_{50} fosalone, azinfosmetil y carbaryl con proporciones respectivas de tolerancia 1.32, 1.31 y 1.18 veces con referencia al testigo (Saltillo); es interesante observar que esta especie responde en forma parecida a los dos primeros insecticidas. Sería muy prematuro hablar de algún mecanismo de resistencia determinado, puesto que se requiere de estudios específicos para su caracterización, pero bien podría ser alguno(s) de los que en la revisión de literatura se indicó exhibiendo preferencia por insecticidas organofosforados que poseen radicales (cadenas alifáticas) cortos metil o etil, como es el caso del azinfosmetil y del fosalone respectivamente; además, por la similitud estructural

resulta lógica la respuesta observada, indicativo de la posible manifestación de resistencia cruzada positiva entre estos insecticidas; el ser uno de los más utilizados en Parras, puede explicar la mayor tolerancia observada.

b) Al nivel de la DL_{95} sería carbaryl con 1.07 y fosalone con 1.00, restaurándose la susceptibilidad al azin fosmetil. Las líneas de regresión indican que la tolerancia a este nivel es debida a la eliminación de los genotipos más susceptibles dentro de las poblaciones larvales correspondientes.

Georghiou (1983) y Lagunes (1984) indicaron que en una población silvestre no expuesta a insecticidas se tiene una gran mayoría de individuos homocigotos susceptibles SS, un número reducido de heterocigotos Sr y probablemente ningún homocigoto resistente rr. Agregan que con la aplicación de estos compuestos, la anterior frecuencia génica tiende a invertirse, ya que los primeros en responder son los SS y conforme son eliminados se incrementa el número de heterocigotos, a tal grado que los individuos rr llegan a formar parte de la población. La velocidad con que una población susceptible se invierte hacia la resistencia, depende principalmente del grado de presión de selección y de la combinación genética entre los individuos sometidos a dicha selección, con aquéllos libres de ésta.

Con base a lo anterior, y tomando en cuenta la población larval que en forma silvestre está presente en las

áreas adyacentes a las sometidas a presión de selección en Zaragoza y Parras, Coah., resulta lógico pensar que el apareamiento de ambas poblaciones, entre otros factores, ha provocado una diferenciación genética entre individuos susceptibles que indujo la eliminación de los más susceptibles con dosis bajas y con dosis paulatinamente mayores a la de aquellos más tolerantes, sin descartar la presencia de individuos heterocigotos, de ahí la diferencia entre las DL_{50} y la respuesta similar al nivel de la DL_{95} , por la cual se deduce que la posible heterocigosis (Sr) aún no da origen a individuos homocigotos resistentes (rr).

Discusión General

En este escrito se ha establecido el hecho de que para el control químico a nivel de campo de *A. nuxvorella* y *C. caryana*, se recomiendan los mismos insecticidas, en iguales concentraciones y dosificaciones, lo que hace suponer que fisiológicamente responden en forma similar a los pesticidas que se aplican.

Tomando en cuenta lo anterior, resultaría lógico pensar que en cualquiera de las dos localidades en estudio, ambas plagas han de manifestar la tolerancia que exhibieron por separado en el presente trabajo, cuando menos al azinfos metil y al carbaryl, ya que las características de presión de selección con ellos son similares; en el Cuadro 4.5 se puede observar que el anterior comportamiento hipotético resultó verídico en la localidad testigo.

Cuadro 4.5. Comparación de las DL₉₅ observadas en el presente trabajo con las comerciales intermedias recomendadas para el control de *Acrobasis nuxvorella* Neunzig y *Cydia caryana* (Fitch). UAAAN, 1988.

| Localidad | Insecticida | *Comercial (ppm) | Observadas (ppm) | | ** Diferencia (ppm) | |
|---------------------|--------------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | | | <i>A. nuxvorella</i> | <i>C. caryana</i> | <i>A. nuxvorella</i> | <i>C. caryana</i> |
| Saltillo (testigo) | Azinfosmetil | 675 | 947 | 1543 | -272 | - 868 |
| | Carbaryl | 2496 | 1383 | 1022 | 1113 | 1474 |
| | Fosalone | 612 | - | 1224 | - | - 612 |
| Zaragoza | Azinfosmetil | 675 | 1244 | - | - 569 | - |
| | Carbaryl | 2496 | 1084 | - | 1412 | - |
| Parras de la Fuente | Azinfosmetil | 675 | - | 1295 | - | - 620 |
| | Carbaryl | 2496 | - | 1097 | - | 1399 |
| | Fosalone | 612 | - | 1233 | - | - 621 |

* Dosificación comercial intermedia para 100 lt de agua: Gusatión 50%, 135 cc; Sevín 80%, 312 g; Zolone, 35%, 175 cc.

** Resultado de restar las DL₉₅ observadas a las comerciales (resultados negativos indican la necesidad de incremento del valor correspondiente)

Rosas (1972) indicó que la comparación de los resultados toxicológicos al nivel de la DL_{95} , son los más cercanos a los resultados prácticos de campo. Tomando en cuenta este concepto y la mortalidad similar observada de las poblaciones sometidas a presión de selección con insecticidas al nivel de la DL_{95} , el control de las dos plagas a nivel de campo, debe ser satisfactorio sin necesidad de incrementar el número de aplicaciones, siempre y cuando se efectúen en la forma correcta y en el momento oportuno.

Es conveniente hacer notar que las DL_{50} y DL_{95} obtenidas en el presente estudio con el insecticida carbaryl, son considerablemente inferiores a la dosis comercial intermedia equivalente en ppm recomendadas para el control de estas plagas por la compañía que la distribuye, así como por la Dirección General de Sanidad Vegetal de la SARH y que son comúnmente utilizadas; por el contrario, se requiere mayor cantidad de azinfosmetil y de fosalone para obtener el mismo porcentaje de mortalidad que con el anterior producto, especialmente en las localidades donde han sido empleados (Zaragoza y Parras) (Cuadro 4.5).

La tolerancia a estos insecticidas es de gran importancia práctica, ya que implica, además de una erogación económica superior a lo ordinario, el peligro de que los niveles se incrementen al grado de que el control sea incosteable, puesto que aparentemente estos insectos pueden provocar resistencia cruzada positiva. Es recomendable que se

conduzcan estudios toxicológicos de campo para la verificación de las dosis observadas que resultaron inferiores y con las cuales se obtuvieron las mismas DL_{50} que las comerciales, en este caso, las correspondientes al carbaryl ya que fueron notablemente inferiores, empleando para su evaluación las dosis menores que la comercial.

En forma global, los resultados expresados en esta investigación que indican pérdida de susceptibilidad, deben considerarse como una tolerancia baja, por lo que la ineficacia a nivel de campo de los insecticidas azinfosmetil en Zaragoza y Parras, y fosalone en esta última localidad, estuvo influenciada por otro tipo de factores que de una u otra manera alteran la respuesta del insecto; sin embargo, es clara la posibilidad de que las especies en estudio tiendan hacia la resistencia.

La lentitud con que se está haciendo presente este fenómeno evolutivo, puede deberse a la gran población de nogales criollos que en forma silvestre se desarrollan cerca de las áreas nogaleras sometidas a presión de selección con tratamientos de agroquímicos; lo anterior permite que la resistencia se diluya por efecto de la combinación genética entre las poblaciones sometidas a presión de selección y -- aquéllas que se encuentran en los nogales criollos y que son intrínsecamente susceptibles (Georghiou y Taylor, 1977a, b). Harris (1983) añade que la implementación de un manejo integrado de plagas del nogal, auxiliará significativamente

en la prevención de la resistencia, al lograr la mayor estabilización de los niveles de susceptibilidad.

Algunas prácticas comunes en el cultivo del nogal, tales como la poda de los brotes del ciclo anterior y la incorporación al suelo o quema de los ruznos al final de la cosecha, permiten disminuir la población larval invernante. Esta disminución poblacional será más significativa si la aplicación de insecticidas se efectúa cuando la mayor parte de la población se encuentra en su estado susceptible, esto se logra mediante la acumulación de horas-calor en *A. nuxvomella* y con el empleo de feromona sexual como atrayente (en fase experimental) para el caso de *C. caryana*. Este tipo de muestreos, así como el uso rotacional de insecticidas, permiten un control satisfactorio con pocas aplicaciones y en consecuencia, un menor riesgo de inducir la manifestación de resistencia.

Dicha rotación puede ser integrada por aquellos productos que han demostrado su eficacia tanto en laboratorio como en el campo, como es el caso del azinfosmetil, paratió metílico, monocrotofos y malatió (Boethel y Van Cleare, 1972); de la permetrina, cihalotrina y cipermetrina (Corrales y Aguirre, 1987); y con los resultados obtenidos en este estudio, por el carbaryl y fosalone.

El uso rotacional de insecticidas en cualquiera de las dos especies, debe ir acompañado de estudios toxicológicos constantes, con el fin de mantener en estrecha

vigilancia su comportamiento a lo largo de la secuencia rotacional y detectar los ajustes necesarios para determinar la secuencia óptima y el momento en el cual, un cambio de insecticida, debe hacerse. Cualquier modelo rotacional debe contemplar la menor afinidad de sus componentes para ser afectados por la resistencia cruzada y/o múltiple, así como el de evitar disturbios ecológicos en el área que se apliquen.

Debido a que la información disponible se refiere a organofosforados, piretroides y carbamatos, debe tenerse muy en cuenta lo consignado por Lagunes (1984) antes de proponer se una rotación determinada. Este autor indica que entre insecticidas organofosforados y piretroides existe resistencia cruzada negativa, por lo que el uso de uno aumenta la susceptibilidad del otro, recomendando la aplicación de un piretroide después de un organofosforado y viceversa, pero no sugiere el empleo de un carbamato después del piretroide, mientras no se tenga información sobre lo contrario.

De acuerdo a lo anterior, sería recomendable la aplicación inmediata de un piretroide para restaurar la susceptibilidad perdida al azinfosmetil y/o al fosalone; cuando se considere necesario el cambio a otro tipo de insecticida, este puede ser cualquiera de los dos anteriores o algún otro organofosforado, con objeto de recuperar la susceptibilidad al piretroide aplicado. El carbaryl (carbamato) podría ser utilizado después del organofosforado, ya que en los

resultados observados no indicaron demasiada afinidad hacia la resistencia cruzada; a partir de este producto, se establece la incógnita ya que Alava (1976) indicó que el uso de carbamatos puede inducir resistencia a organofosforados.

En ningún caso es conveniente inducir altos grados de resistencia (homocigosis) a un insecticida y menos en aquéllos que la exhiben a causa de un mecanismo detoxificante no específico y de fácil inducción (FOM), como es el caso de algunos carbamatos y organofosforados. El período de aplicación de cada insecticida (tiempo), estará determinado por el resultado del análisis toxicológico en laboratorio.

Lo escrito en este apartado, pretende servir de base para que futuros investigadores optimicen un modelo capaz de mantener indefinidamente la susceptibilidad de *A. nuxvone* y *C. caryana*, a los plaguicidas recomendados para su control, acoplándolo adecuadamente dentro de un manejo integrado de plagas en el cultivo del nogal.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se llevó a cabo el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- a) Con respecto al testigo (Saltillo), al nivel de la DL_{50} *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, procedente de la localidad de Zaragoza, Coah., fue tolerante al carbaryl en 1.01 veces (11 ppm) y al azinfosmetil en 1.96 veces (332 ppm); pero al nivel de la DL_{95} se restaura la susceptibilidad al carbaryl y disminuye la tolerancia al azinfosmetil.
- b) Con respecto al testigo (Saltillo), al nivel de la DL_{50} *Cydia caryana* (Fitch), procedente de la localidad de Parras de la Fuente, Coah., es tolerante 1.18 veces (56 ppm) al carbaryl, en 1.31 veces (110 ppm) al azinfosmetil, y en 1.32 veces (179 ppm) al fosalone; pero al nivel de la DL_{95} disminuye la tolerancia al carbaryl, se restaura la completa susceptibilidad al azinfosmetil, y esta restauración es significativa en el fosalone.
- c) Queda establecido que tanto *A. nuxvorella* como *C. caryana* manifiestan pérdida inicial de

de susceptibilidad a los productos que en forma ordinaria se utilizan para su combate (azinfosmetil y fosalone).

RESUMEN

Con el fin de generar en México los primeros datos toxicológicos dosis-mortalidad del gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig y del gusano barrenador del ruezno *Cydia caryana* (Fitch), se realizaron los bioensayos correspondientes en el insectario del Departamento de Parasitología de la UAAAN, en Saltillo, Coah. El trabajo tuvo por objetivos el determinar su susceptibilidad a insecticidas de tres grupos toxicológicos, para así a futuro establecer las bases para un modelo rotacional de grupos toxicológicos.

Se colectaron larvas de *A. nuxvorella* en Zaragoza y de *C. caryana* en Parras de la Fuente, Coah., sometidas a presión de selección con insecticidas, para comparar su respuesta con aquéllas colectadas en la localidad de Saltillo, Coah sin presión de selección. Los bioensayos se realizaron con larvas de 15 ± 3 mg y una longitud de 8 a 10 mm, expuestas al tóxico, en grado técnico, mediante la técnica de película residual. Efectuados los tratamientos (dosificaciones), las larvas fueron depositadas en frascos de 110 ml y mantenidas a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, a un fotoperíodo diario de 12 hr con luz artificial y a humedad relativa ambiente. Cada

tratamiento constó de cuatro repeticiones con cinco individuos cada una y un testigo común para cada insecticida; los datos de mortalidad fueron obtenidos a las 24 hr de exposición, siendo analizados mediante la transformación Próbit, cuyos parámetros estadísticos fueron estimados por el método de Máxima Verosimilitud.

Para las dos especies se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las DL_{50} y DL_{95} de cada población muestreada. Mediante los resultados obtenidos, se encontró que al nivel de la DL_{50} ambas especies procedentes de las localidades con presión de selección, son más tolerantes que aquéllas colectadas en Saltillo (testigo). Así tenemos que *A. nuxvorella* es tolerante al carbaryl en 1.01 veces (11 ppm) y al azinfosmetil en 1.96 veces (332 ppm); mientras que *C. caryana* lo es en 1.18 veces (56 ppm) al carbaryl, en 1.31 veces (110 ppm) al azinfosmetil, y en 1.32 veces (179 ppm) al fosalone.

Sin embargo, la comparación de los resultados al nivel DL_{95} indicó que la tolerancia en las larvas con presión de selección insecticida, disminuyó considerablemente a todos los productos, al grado de exhibir susceptibilidad, en algunos casos (*A. nuxvorella* con carbaryl y *C. caryana* con azinfosmetil).

Debido al comportamiento anterior, la pérdida de susceptibilidad observada en dichas localidades fue catalogada como de baja tolerancia debido a la diversificación

genética de las poblaciones, aun entre genotipos susceptibles, sin descartar la presencia de individuos heterocigotos; de ahí la diferencia observada al nivel de la DL_{50} y la respuesta similar a dosis superiores (DL_{95}), quedando clara la tendencia evolutiva hacia formas resistentes.

Tomando en cuenta los resultados del presente estudio y los consignados por algunos autores, se sugiere la rotación de insecticidas organofosforados (azinfosmetil, fosalone, paratió n metílico, etc.) con piretroides (permetrina, cihalotrina y cipermetrina) y carbamatos (carbaryl), como una alternativa para restaurar los niveles de susceptibilidad dentro del control integrado de plagas en el cultivo del nopal.

La realización de estudios toxicológicos en campo y laboratorio, a intervalos de tiempo razonables, serán esenciales para la correcta implementación y funcionamiento de un modelo rotacional de grupos toxicológicos.

LITERATURA CITADA

- Abbot, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness -
of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- Aguirre U., L.A. and M.K. Harris. 1986. Predicting biological
events of the pecans nut casebeares using a degree -
day model in Coahuila, Mexico. Southwestern Entomolog
gist. 11(4):263-268.
- Alava W., J. 1976. Resistencia cruzada a varios tipos de in-
secticidas después de producir resistencia a para -
tión metílico en *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidópter
a:Noctuidae). Tesis Maestría. Esc. Sup. de Agric. -
de Chapingo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mé-
xico. 96 p.
- Bilising, S.W. 1925. Life history of pecan nut casebearer -
Acrobasis nuxvorella Zell. J. Econ. Entomol. 18:202-
206.
- Boethel, D.J. and W. Van Cleave. 1972. Dosage mortality stu-
dies on laboratory-reared and field-collected larvae
of the hickory shuckworm. J. Econ. Entomol. 65(1):
232-235.
- Borror, D.J., D.M. de Long and C.A. Triplehorn. 1981. An in-
troduction to the study of insects. 5th ed. Holt -
Rinehart and Winston. New York. USA. 827 p.

- Brito L., M. 1966. Bioensayo de varios insecticidas y algunas mezclas de ellos en *Spodoptera frugiperda* (Smith) y *Helicoverpa zea* (Boddie). Tesis Maestría. Inst. - Tec. Est. Sup. de Monterrey. Monterrey, México. 136 p.
- Brown, A.W.A. 1968. Insecticide resistance comes of age. - Bull Entomol. Soc. Amer. 14:3-6.
- Brown, R.L. 1979. The valid generic and tribal names for the codling moth *Cydia pomonella* (Olethreutidae:Tortricidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 72(4):565-567.
- Bujanos M., R. y A. Lagunes T. 1985. Susceptibilidad a insecticidas en *Heliothis* spp. (Lepidoptera:Noctuidae) - del sur de Tamaulipas. Agrociencia. 57:127-143.
- Cohen, A.C. 1978. The role glutathione transferases in arthropod resistance. Course Report: Arthropod resistance to toxic agents. Univ. of California Riverside. USA. pp. 1-16.
- Corrales R., J. y L.A. Aguirre U. 1987. Evaluación de insecticidas piretroides como alternativas rotacionales - en el control del barrenador de la nuez (Lepidoptera:Pyralidae) y del barrenador del ruezno (Lepidoptera:Olethreutidae) en nogal. XXII Congreso de Entomología. Soc. Mex. Entomol. Cd. Juárez, México. pp. 138-139.
- Cremlyn R., J. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. LIMUSA. México. 335 p.
- Chen, J.S. and C.N. Sun. 1986. Resistance of diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) to a combination of fenvalerato and piperonyl butoxide. J. Econ. Entomol. 78 (1):22-30.

- Dauterman, W.C. 1983. Role of hydrolases and glutathione S-transferases in insecticide resistance. In: Georgiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York. USA. pp. 229-247.
- Devonshire, A.L. and G.D. Moores. 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide-resistant house flies (*Musca domestica*). Pestic. Biochem. Physiol. 21:336-340.
- Duarte L., E. 1967. El nogal. Banco de Crédito Agrícola, S. A. Torreón, México. 41 p.
- Dutcher, J.D. (s.f.). Pecan pest management: Where are we?. Pecan Tree. Texas A & M University. Texas, USA. pp. 133-139.
- Enkerlin, H.W. 1982. Factores de mortalidad que regulan las poblaciones invernantes del gusano barrenador del ruezno *Laspeyresia caryana* (Fitch) de la nuez pecanera en Villa de Juárez, N.L. Tesis licenciatura. Inst. Tec. Est. Sup. de Monterrey. Monterrey, México. 65 p.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3th ed. Cambridge University Press. London. 450 p.
- Flores L., J.L. 1981. Evaluación de 9 insecticidas para el control del gusano barrenador del ruezno *Laspeyresia caryana* (Fitch) y chinches del nogal (Hemiptera: Pentatomidae, Coreidae) en el Municipio de Zaragoza, Coah. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 43 p.
- García S., C. 1986. Dinámica de población del barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig en la Comarca Lagunera. 5° día del nogalero. INIFAP-SARH. México. pp. 13-22.

Georghiou, G.P. 1980. Insecticide resistance and prospects for its management. *Residue Rev.* 76:131-140.

. 1983. Management of resistance in arthropods
In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). *Pest resistance to pesticides*. Plenum Press. New York. USA.
76:131-140.

Georghiou, V.P. and C.E. Taylor. 1977a. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70:319-323.

. 1977b. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70:653-658.

González R., A. 1984. Dinámica del gusano barrenador de la nuez *Acrobasis caryae* (Grote) en base a unidades calor. Informe de investigación. INIA-CAEZAR-SARH. Zaragoza, Coah., México. 26 p.

Graves, J.B., J.S. Roussel, J. Gibbens and D. Patton. 1967. Laboratory studies on the development of resistance and cross-resistance in the boll weevil. *J. Econ. Entomol.* 60(1):47-50.

Guerra S., L. y D.G. Romero. 1985. Determinación de la resistencia de larvas del gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hubner) a tres insecticidas en el Valle del Yaqui, Sonora. *Agric. Tec. Mex.* 11(2):209-218.

Gunther, F.A. y L. Jeppson. 1962. *Insecticidas modernos y la producción mundial de alimentos*. 3a. ed. CECOSA. México. 293 p.

- Hama, H. 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of acetylcholinesterase. In: Georghiou G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 299-331.
- Harris, M.K. 1983. Integrated pest management of pecans. Ann. Rev. Entomol. 28:291-318.
- Hoskins, W.M. and H.T. Gordon. 1956. Arthropod resistance to chemicals. Ann. Rev. Entomol. 1:89-122.
- Hoskins, W.M. and R. Craig. 1961. Uses of bioassay in entomology. Ann. Rev. Entomol. 6:437-469.
- Infante G., S. y L.C. Calderón A. 1980. Manual del análisis Próbit. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 p.
- Iwata, T. and H. Hamma. 1972. Insensitivity of cholinesterase in *Nephotettix cincticeps* resistant to carbamate and organophosphorus insecticides. J. Econ. Entomol. 63(3):643-644.
- Kuhr, R.S. and H.W. Dorough. 1976. Carbamate insecticide: Chemistry, biochemistry and toxicology. CRC Press - Inc. Cleveland, USA. 40 p.
- Lagunes T., A. 1982. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 120 p.
- _____ . 1984. Manejo de insecticidas piretroides. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 29 p.
- Lagunes T., A. y J.C. Rodríguez M. 1985. Temas selectos del manejo de insecticidas agrícolas. Curso sobre el manejo racional de insecticidas dentro del control integrado. Soc. Mex. Entomol. Colegio de Postgraduados y Univ. Aut. de Chapingo. Chapingo, México. 187 p.

- Lockwood, J.A., T.C. Sparks and R.N. Story. 1984. Evolution of insect resistance to insecticides. A reevaluation on the roles of physiology and behavior. •Bull. Entomol. Soc. Amer. 30(4):42-51.
- Matsumara, F. 1983. Penetration, binding and target insensitivity as causes of resistance to chlorinated hydrocarbon insecticides. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 367-386.
- Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1981. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4a. ed. LIMUSA. México. 1208 p.
- Metcalf, R.L. 1983. Implication and prognosis of resistance to insecticides. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 703-733.
- Miller, T.A. and M.E. Adams. 1982. Mode of action of piretroides. Insecticide mode of action. Academic Press Inc. USA. pp. 3-27.
- Motoyama, N. and W.C. Dauterman. 1974. The role of nonoxidative metabolism in organophosphorus resistance. J. Agr. Food. Chem. 22(3):350-356.
- Motoyama, N., T. Hayaoka, K. Nomura and W.C. Dauterman. 1980. Multiple factors for organophosphorus resistance in the house flies *Musca domestica* L. J. Pestic. Sci. 5:393-402.
- Nakatsugawa, T., N.M. Toman and P.A. Dahm. 1969. Degradation of paratióón in the rat. Biochem. Pharmacol. 18:1103-1107.
- Neunzig, H.H. 1972. Taxonomy of *Acrobasis* larvae and pupae in Eastern North America (Lepidoptera: Pyralidae). - USA. Tech. Bull. 1457. USA. pp. 23-24.

- Ottea, J.A. and F.W. Plapp, Jr. 1981. Induction of glutathione S-Aryl transferase by phenobarbital in the house fly. *Pestic. Biochem. Physiol.* 15:10-13.
- Payne, J.A., J.D. Dutcher and G.E. Kenkingh. 1979. Insect pest and diseases of the pecan. USDA. Agric. Resch. Ser. USA. 43 p.
- Peterson, A. 1961. Larvae of insect, an introduction to nearctic species. Part I: Lepidoptera and Hymenoptera. - Edwards Brothers Inc. Columbus, Ohio, USA. 315 p.
- Plapp, F.W. 1971. Insecticide resistance in *Heliothis*. Tolerance in larvae of *H. virescens* (Fab) as compared with *H. zea* (Boddie) to organophosphorus. *J. Econ. Entomol.* 64:999-1002.
- _____. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. *Ann. Rev. Entomol.* 21:176-197.
- Plapp, F.W. and R.F. Hoyer. 1968. Insecticide resistance in the house fly. Decreases rate of absorption as the mechanism of action of a gene that acts as an intensifier of resistance. *J. Econ. Entomol.* 61(5):1298-1303.
- Plapp, F.W. Jr. and T.C. Wang. 1983. Genetic origins of insecticide resistance. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). *Pest resistance to pesticides*. Plenum Press. New York. USA. pp. 47-69.
- Rodríguez M., J.C. 1983. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a grupos toxicológicos. Una base para su manejo racional. Univ. Aut. de Chapingo. Chapingo, México. 174 p.
- Rosas G., J.E. 1972. Determinación de la toxicidad de diez insecticidas a *Musca domestica* Linné en aplicación tópica. Tesis Maestría. Inst. Tec. Est. Sup. de Monterrey. Monterrey, México. 121 p.

- Scott, J.G. and G.P. Georghiou. 1986. Mechanism responsables for high levels of permethrin resistance in the house fly. *Pestic. Sci.* 17:195-206.
- Schroeder, W.J. and M. Osburn. 1969. Rearing the hickory shuckworm *Laspeyresia caryana* on artificial diet with notes on biology. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 62 (6):1401-1403.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1983. Principales plagas del nogal. Folleto Técnico. Sanidad Vegetal, SARH. México. 33 p.
- Sosa M., A. 1986. Manejo integrado de plagas del nogal con énfasis en el gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (Lepidóptera: Pyralidae) con el uso del modelo de predicción de unidades calor en diferentes áreas: La Aurora, Buenavista y Saltillo, Coah. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 92 p.
- Taylor, E.Ch. and G.P. Gorghiou. 1979. Suppression of insecticide resistance by alteration of gene dominance and migration. *J. Econ. Entomol.* 72:105-109.
- Torres P., M.E. 1981. Efectividad de 4 dosis de permetrina para contener la infestación inicial y subsecuentes del barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig bajo condiciones de Apodaca, N.L. Tesis licenciatura. Inst. Tec. Est. Sup. de Monterrey. Monterrey, México. 77 p.
- Tucuch C., F.M. 1983. Estudio de los eventos biológicos del barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig para la formación de un modelo de predicción en base a unidades de calor acumuladas. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. 67 p.

- Van Cleave, H.W. 1975. Insectos nocivos que atacan la nuez. III Ciclo de Conferencias Internacionales de Productores de Nuez en la República Mexicana. SAG-CONAFRUT México. pp. 116-120.
- _____. 1981. Plagas de la nuez y su control. Memorias del Ciclo de Conferencias Internacionales sobre el cultivo del nogal. Confed. Nac. Agro. Secc. Nte. de Coahuila. México. pp. 222-241.
- Villegas S., J.L. 1988. Resistencia en plagas del nogal. Técnicas comunes para su detección. En: Lozoya S., A. (Ed.). Monografías en parasitología agrícola. Programa de Graduados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. pp. 12-36.
- Vinson, S.B. and P.K. Law. 1971. Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworm. J. Econ. Entomol. 64(6):1387-1390.
- Voss, G. 1980. Cholinesterase autoanalysis. A rapid method for biochemical studies on susceptible and resistant insects. J. Econ. Entomol. 73(2):189-192.
- Wilkinson, C.F. 1983. Role of mixed-function oxidases in insecticides resistance. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York. USA. pp. 175-205.
- Zamudio G., V. 1981. Organización de los núcleos humanos en la producción nogalera, condición esencial para el mejor aprovechamiento de los recursos técnicos y económicos. Memorias del Ciclo de Conferencias Internacionales sobre el cultivo del nogal. Confed. Nac. Agro. Nac. Secc. Nte. de Coahuila. México. pp. 2-6.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida azin-
fos metil, aplicado mediante película residual a *A. nuxvorella* procedente de -
Saltillo, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Porcentaje de mortalidad corregida M.C. $M.C.$ | Próbitas observadas Y_i | Coficiente valorativo W_i | Próbitas de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | | 0.05 | 0.0 | | | | |
| 100 | | 0.05 | 0.0 | | | | |
| 200 | 5.2983 | 0.25 | 0.210 | 4.1937 | 0.4751 | 4.1966 | 4.1208 |
| 300 | 5.7037 | 0.45 | 0.421 | 4.8010 | 0.6272 | 4.8002 | 4.7785 |
| 400 | 5.9914 | 0.60 | 0.578 | 5.1964 | 0.6187 | 5.1965 | 5.2452 |
| 500 | 6.2146 | 0.75 | 0.736 | 5.6307 | 0.5434 | 5.4799 | 5.6073 |
| 600 | 6.3969 | 0.80 | 0.789 | 5.8027 | 0.4501 | 5.7918 | 5.9030 |
| 700 | 6.5510 | 0.90 | 0.894 | 6.2482 | 0.3622 | 6.2485 | 6.1530 |
| 800 | 6.6846 | 0.95 | 0.947 | 6.6167 | 0.2857 | 6.5981 | 6.3698 |

$$\Sigma (NW) = 67.2480$$

$$\Sigma (NWV) = 359.0499$$

$$\Sigma (NWVX) = 2192.1489$$

$$\Sigma (NWV^2) = 2473.3122$$

$$\Sigma (NWVX) = 406.8053$$

$$\Sigma (NWV^2) = 1950.4439$$

$$r^2 = 0.98$$

$$\hat{\beta}_1 = 1.6223$$

$$\hat{\beta}_0 = -4.4746$$

$$\bar{x} = 5.8402$$

$$s_x^2 = 0.6715$$

Límites fiduciales al 5%

| Valor de X | Intervalo (Y) | Anchura |
|------------|-----------------|---------|
| 5.2983 | 4.1208 ± 0.4803 | 0.9606 |
| 5.7037 | 4.7785 ± 0.3053 | 0.6106 |
| 5.9914 | 5.2452 ± 0.0294 | 0.0588 |
| 6.2146 | 5.6073 ± 0.2548 | 0.5096 |
| 6.3969 | 5.9030 ± 0.3067 | 0.6134 |
| 6.5510 | 6.1530 ± 0.3665 | 0.7330 |
| 6.6846 | 6.3698 ± 0.4857 | 0.8514 |
| DL_{50} | 5.8125 ± 0.1762 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron por dosis

Cuadro A. 2. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida azin fosmetil aplicado mediante película residual a *A. nuxvorella* procedente de Zaragoza, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Porcentaje de mortalidad corregida M.C. Y_i | Próbitas observadas Y_i | Coficiente valorativo W_i | Próbitas de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.05 | 0.0 | - | - | - | - |
| 300 | 5.7037 | 0.10 | 0.0526 | 3.3738 | 0.1671 | 3.3160 | 2.8113 |
| 400 | 5.9914 | 0.15 | 0.1052 | 3.7462 | 0.3885 | 3.6695 | 3.5864 |
| 500 | 6.2146 | 0.25 | 0.2105 | 4.1937 | 0.5568 | 4.1466 | 4.1877 |
| 600 | 6.3969 | 0.35 | 0.2842 | 4.4293 | 0.6301 | 4.4110 | 4.6788 |
| 700 | 6.5510 | 0.55 | 0.5263 | 5.0650 | 0.6259 | 5.0304 | 5.0940 |
| 800 | 6.6846 | 0.65 | 0.6315 | 5.3340 | 0.5731 | 5.3139 | 5.4539 |
| 900 | 6.8023 | 0.80 | 0.7894 | 5.8027 | 0.4963 | 5.8042 | 5.7710 |
| 1000 | 6.9077 | 0.95 | 0.9473 | 6.6167 | 0.4125 | 6.4812 | 6.0550 |

| | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| $\Sigma (n_i w_i)$ | = 77.006 | Límites fiduciales al 5% | |
| $\Sigma (n_i w_i v_i)$ | = 376.3186 | Valor de x | Intervalo (Y) |
| $\Sigma (n_i w_i v_i x_i)$ | = 2457.5060 | 5.7037 | 2.8113 ± 0.5809 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i^2)$ | = 3235.7339 | 5.9914 | 3.5864 ± 0.4029 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i)$ | = 490.5665 | 6.2146 | 4.1877 ± 0.2865 |
| $\Sigma (n_i w_i v_i^2)$ | = 1.899 | 6.3969 | 4.6788 ± 0.2285 |
| r^2 | = 0.92 | 6.5510 | 5.0940 ± 0.2285 |
| $\hat{\beta}_1$ | = 2.6941 | 6.6846 | 5.4539 ± 0.2657 |
| $\hat{\beta}_0$ | = -12.555 | 6.8023 | 5.7710 ± 0.3183 |
| \bar{x} | = 6.4743 | 6.9077 | 6.0550 ± 0.3749 |
| s^2 | = 2.9636 | DL ₅₀ | 6.5189 ± 0.0864 |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron por dosis

Cuadro A.3. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida carba ryl aplicado mediante película residual a *A. nuxvorella* procedente de Saltillo Coah. UAAAN. 1988

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Próbitas observadas Y_i | Coefficiente valorativo W_i | Próbitas del trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.10 | 3.7182 | 0.2954 | 3.7310 | 3.5829 |
| 200 | 5.2983 | 0.30 | 4.4760 | 0.5600 | 4.4765 | 4.3908 |
| 300 | 5.7037 | 0.45 | 4.8746 | 0.6337 | 4.8738 | 4.8632 |
| 400 | 5.9914 | 0.50 | 5.0000 | 0.6232 | 4.9965 | 5.1985 |
| 500 | 6.2146 | 0.60 | 6.2529 | 0.5800 | 5.2399 | 5.4586 |
| 600 | 6.3969 | 0.75 | 5.6741 | 0.5258 | 5.6744 | 5.6711 |
| 700 | 6.5510 | 0.80 | 5.8414 | 0.4695 | 5.8403 | 5.8507 |
| 800 | 6.6846 | 0.85 | 6.0364 | 0.4170 | 6.0360 | 6.0064 |
| 900 | 6.8023 | 0.95 | 6.6452 | 0.3685 | 6.5371 | 6.1436 |

| $\Sigma(n_i w_i)$ | = | 89.4620 | Límites fiduciales al 5% | | |
|---------------------------|---|-----------|--------------------------|-----------------|--------|
| $\Sigma(n_i w_i v_i)$ | = | 470.0400 | Valor de x | Intervalo (Y) | |
| $\Sigma(n_i w_i v_i x_i)$ | = | 2875.5344 | 4.6051 | 3.5829 ± 0.5395 | 1.079 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i^2)$ | = | 3294.4076 | 5.2983 | 4.3908 ± 0.3296 | 0.6592 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i)$ | = | 540.2685 | 5.7037 | 4.8632 ± 0.2367 | 0.4734 |
| $\Sigma(n_i w_i v_i^2)$ | = | 2515.0802 | 5.9914 | 5.1985 ± 0.2063 | 0.4126 |
| | | | 6.2146 | 5.4586 ± 0.2146 | 0.2126 |
| r^2 | = | 0.94 | 6.3969 | 5.6711 ± 0.2406 | 0.4812 |
| $\hat{\beta}_1$ | = | 1.1654 | 6.5510 | 5.8507 ± 0.2722 | 0.5444 |
| $\hat{\beta}_0$ | = | -1.7838 | 6.6846 | 6.0064 ± 0.3047 | 0.6094 |
| | | | 6.8023 | 6.1436 ± 0.3359 | 0.6718 |
| \bar{x} | = | 6.0390 | | | |
| s^2 | = | 2.304 | DL ₅₀ | 5.7998 | 0.1979 |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron por dosis

Cuadro A.4. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida car baryl, aplicado mediante película residual a *A. nuxvorella* procedente de Zará goza, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis X_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Próbitas observadas \hat{Y}_i | Coefficiente valorativo W_i | Próbitas del trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.10 | 3.7182 | 0.1255 | 4.6742 | 3.1920 |
| 200 | 5.2983 | 0.15 | 3.9635 | 0.4540 | 4.1139 | 4.1963 |
| 300 | 5.7037 | 0.25 | 4.3258 | 0.6110 | 4.4650 | 4.7837 |
| 400 | 5.9914 | 0.40 | 4.7470 | 0.6336 | 4.8399 | 5.2005 |
| 500 | 6.2146 | 0.65 | 5.3848 | 0.5908 | 5.4590 | 5.5239 |
| 600 | 6.3969 | 0.80 | 5.8414 | 0.5227 | 5.8964 | 5.7880 |
| 700 | 6.5510 | 0.90 | 6.2817 | 0.4492 | 6.2814 | 6.0112 |
| 800 | 6.6846 | 0.95 | 6.6452 | 0.3794 | 6.5605 | 6.2048 |

| | | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|---------|
| $\Sigma (n_i w_i)$ | = 75.324 | Límites fiduciales al 5% | | |
| $\Sigma (n_i w_i v_i)$ | = 397.3373 | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
| $\Sigma (n_i w_i v_i x_i)$ | = 2428.2342 | 4.6051 | 3.1920 ± 0.6875 | 1.3750 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i)$ | = 2769.2917 | 5.2983 | 4.1963 ± 0.4043 | 0.8046 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i^2)$ | = 455.1711 | 5.7037 | 4.7837 ± 0.2722 | 0.5444 |
| $\Sigma (n_i w_i v_i^2)$ | = 2145.6095 | 5.9914 | 5.2005 ± 0.2259 | 0.4518 |
| | | 6.2146 | 5.5239 ± 0.2375 | 0.4750 |
| r^2 | = 0.87 | 6.3969 | 5.7880 ± 0.2757 | 0.5514 |
| $\hat{\beta}_1$ | = 1.4488 | 6.5510 | 6.0112 ± 0.3214 | 0.6428 |
| $\hat{\beta}_0$ | = -3.4798 | 6.6846 | 6.2048 ± 0.3671 | 0.7342 |
| \bar{X} | = 6.0428 | | | |
| s_x^2 | = 10.1653 | D_{150} | 5.8325 ± 0.1759 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron por dosis

Cuadro A.5. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida azin fosmetil aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedentes de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada* P_i | Próbitas observadas \hat{Y}_i | Coficiente valorativo W_i | Próbita de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.10 | 3.7182 | 0.3072 | 3.7310 | 3.5831 |
| 200 | 5.2983 | 0.25 | 4.3258 | 0.5523 | 4.3260 | 4.3587 |
| 300 | 5.7037 | 0.40 | 4.7470 | 0.6296 | 4.7471 | 4.8122 |
| 400 | 5.9914 | 0.55 | 5.1253 | 0.6316 | 5.1261 | 5.1341 |
| 500 | 6.2146 | 0.65 | 5.3848 | 0.6014 | 5.3858 | 5.3838 |
| 600 | 6.3969 | 0.70 | 5.5240 | 0.5585 | 5.5238 | 5.5878 |
| 700 | 6.5510 | 0.75 | 5.6741 | 0.5119 | 5.6723 | 5.7602 |
| 800 | 6.6846 | 0.85 | 6.0364 | 0.4660 | 6.0303 | 5.9097 |
| 900 | 6.8023 | 0.85 | 6.0364 | 0.4227 | 6.0376 | 6.0414 |
| 1000 | 6.9077 | 0.90 | 6.2817 | 0.3825 | 6.2752 | 6.1593 |

| | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------------------------|-----------------|---------|
| $\Sigma(n_i w_i)$ | 101.274 | Límites fiduciales al 5% | | |
| $\Sigma(n_i w_i v_i)$ | 535.0398 | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
| $\Sigma(n_i w_i v_i x_i) =$ | 3319.8581 | 4.6051 | 3.5831 ± 0.5174 | 1.0348 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i^2) =$ | 3837.1203 | 5.2983 | 4.3587 ± 0.3249 | 0.6499 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i) =$ | 620.2454 | 5.7037 | 4.8122 ± 0.2342 | 0.4684 |
| $\Sigma(n_i w_i v_i) =$ | 2875.3848 | 5.9914 | 5.1341 ± 0.1977 | 0.3954 |
| $r^2 =$ | 0.98 | 6.2146 | 5.3838 ± 0.1960 | 0.3920 |
| $\hat{\beta}_1 =$ | 1.1188 | 6.3969 | 5.5878 ± 0.2118 | 0.4236 |
| $\beta_0 =$ | - 1.5690 | 6.5510 | 5.7602 ± 0.2359 | 0.4718 |
| $\bar{x} =$ | 6.1244 | 6.6846 | 5.9097 ± 0.2665 | 0.5330 |
| $x^2 =$ | 0.5115 | 6.8023 | 6.0414 ± 0.2887 | 0.5774 |
| | | 6.9077 | 6.1593 ± 0.3141 | 0.6282 |
| | | DL ₅₀ | 5.8496 ± 0.1958 | |

*Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron por dosis.

Cuadro A.6. Datos con los que se determinó la línea de dosis-mortalidad del insecticida azinfosmetil aplicado mediante película residual a *C. canyana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada P_i | Próbitas observadas Y_i | Coefficiente valorativo W_i | Próbita de trabajo V_i | Próbitas esperadas Y_i |
|-----------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.05 | 3.3547 | 0.0491 | 5.3530 | 2.5382 |
| 200 | 5.2983 | 0.10 | 3.7182 | 0.2983 | 3.9573 | 3.6495 |
| 300 | 5.7037 | 0.15 | 3.9635 | 0.5121 | 4.1563 | 4.2994 |
| 400 | 5.9914 | 0.30 | 4.4760 | 0.6138 | 4.6029 | 4.7606 |
| 500 | 6.2156 | 0.45 | 4.8746 | 0.6359 | 4.9601 | 5.1184 |
| 600 | 6.3969 | 0.55 | 5.1253 | 0.6125 | 5.1772 | 5.4106 |
| 700 | 6.5510 | 0.70 | 5.5240 | 0.5753 | 5.5565 | 5.6577 |
| 800 | 6.6846 | 0.85 | 6.0364 | 0.5085 | 6.0214 | 5.8718 |
| 900 | 6.8023 | 0.95 | 6.6452 | 0.4493 | 6.4269 | 6.0605 |

| | Límites fiduciales al 5% | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
| $\Sigma(n_i w_i) =$ | 84.896 | | |
| $\Sigma(n_i w_i V_i) =$ | 436.2544 | | |
| $\Sigma(n_i w_i V_i x_i) =$ | 2742.1096 | 4.6051 | 2.5382 ± 0.8233 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i^2) =$ | 3308.0537 | 5.2983 | 3.6495 ± 0.5023 |
| $\Sigma(n_i w_i x_i^3) =$ | 528.6719 | 5.7037 | 4.2994 ± 0.3326 |
| $\Sigma(n_i w_i V_i^2) =$ | 2288.7884 | 5.9914 | 4.7606 ± 0.2406 |
| | | 6.2146 | 5.1184 ± 0.2118 |
| | | 6.3969 | 5.4106 ± 0.2267 |
| $r^2 =$ | 0.87 | 6.5510 | 5.6577 ± 0.2644 |
| $\hat{\beta}_1 =$ | 1.6031 | 6.6846 | 5.8718 ± 0.3085 |
| $\hat{\beta}_0 =$ | - 4.8442 | 6.8023 | 6.0605 ± 0.3528 |
| $\bar{x} =$ | 6.2272 | | |
| $s^2 =$ | 6.0046 | | |
| | | DL ₅₀ | 6.1318 ± 0.1413 |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron

Cuadro A.7. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida carbaryl aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis x_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Próbitas observadas Y_i | Coefficiente valorativo W_i | Próbita de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.05 | 3.3547 | 0.5571 | 3.6679 | 3.4931 |
| 200 | 5.2983 | 0.25 | 4.3258 | 0.5364 | 4.3253 | 4.4328 |
| 300 | 5.7037 | 0.45 | 4.8746 | 0.6353 | 4.8743 | 4.9824 |
| 400 | 5.9914 | 0.70 | 5.2529 | 0.6048 | 5.2515 | 5.3724 |
| 500 | 6.2146 | 0.75 | 5.6741 | 0.5278 | 5.6746 | 5.6750 |
| 600 | 6.3969 | 0.80 | 5.8414 | 0.4411 | 5.8314 | 5.9221 |
| 700 | 6.5510 | 0.90 | 6.2817 | 0.3615 | 6.2807 | 6.1310 |
| 800 | 6.6846 | 0.95 | 6.6452 | 0.2923 | 6.6139 | 6.3121 |

$$\begin{aligned} \sum (n_i w_i) &= 79.126 \\ \sum (n_i w_i v_i) &= 408.1442 \\ \sum (n_i w_i v_i x_i) &= 2425.1650 \\ \sum (n_i w_i x_i^2) &= 2725.1881 \\ \sum (n_i w_i x_i) &= 461.5697 \\ \sum (n_i w_i v_i^2) &= 2166.8994 \end{aligned}$$

Límites fiduciales al 5%

| | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
|---------------------------|------------------|-----------------|---------|
| | 4.6051 | 3.4931 ± 0.4743 | 0.9486 |
| | 5.2983 | 4.4328 ± 0.2859 | 0.5718 |
| | 5.7037 | 4.9824 ± 0.2242 | 0.4484 |
| | 5.9914 | 5.3724 ± 0.2259 | 0.4518 |
| | 6.2146 | 5.6750 ± 0.2552 | 0.5106 |
| | 6.3969 | 5.9221 ± 0.2918 | 0.5836 |
| | 6.5510 | 6.1310 ± 0.3296 | 0.6592 |
| | 6.6846 | 6.3121 ± 0.3649 | 0.7298 |
| $r_x^2 = 0.98$ | | | |
| $\hat{\beta}_1 = 1.3556$ | | | |
| $\hat{\beta}_0 = -2.7495$ | | | |
| $\bar{x} = 5.8333$ | | | |
| $s_x^2 = 1.4579$ | DL ₅₀ | 5.7087 ± 0.1705 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron

Cuadro A.8. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida car baryl, aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis X_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Próbitas observadas Y_i | Coefficiente valorativo W_i | Próbita de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 100 | 4.6051 | 0.5 | 3.3547 | 0.1393 | 3.5422 | 3.1117 |
| 200 | 5.2983 | 0.15 | 3.9635 | 0.4606 | 4.0367 | 4.1341 |
| 300 | 5.7037 | 0.40 | 4.7470 | 0.6119 | 4.8115 | 4.7320 |
| 400 | 5.9914 | 0.55 | 5.1253 | 0.6342 | 5.1873 | 5.1564 |
| 500 | 6.2146 | 0.50 | 5.0000 | 0.5952 | 5.0323 | 5.4856 |
| 600 | 6.3969 | 0.75 | 5.6741 | 0.5326 | 5.7320 | 5.7544 |
| 700 | 6.5510 | 0.85 | 6.0364 | 0.4622 | 6.0865 | 5.9817 |
| 800 | 6.6846 | 0.95 | 6.6452 | 0.3955 | 6.5581 | 6.1788 |

| | | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|---------|
| $\Sigma (n_i w_i)$ | = 76.63 | Límites fiduciales al 5% | | |
| $\Sigma (n_i w_i v_i)$ | = 400.833 | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
| $\Sigma (n_i w_i v_i x_i)$ | = 2450.7293 | 4.6051 | 3.1117 ± 0.6728 | 1.3456 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i^2)$ | = 2816.9138 | 5.2983 | 4.1341 ± 0.3972 | 0.7944 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i)$ | = 462.9851 | 5.7037 | 4.7320 ± 0.2687 | 0.5374 |
| $\Sigma (n_i w_i v_i^2)$ | = 2143.7640 | 5.9914 | 5.1564 ± 0.2242 | 0.4484 |
| | | 6.2146 | 5.4856 ± 0.2359 | 0.4718 |
| r^2 | = 0.93 | 6.3969 | 5.7544 ± 0.2728 | 0.5456 |
| $\hat{\beta}_1$ | = 1.4749 | 6.5510 | 5.9817 ± 0.3165 | 0.6330 |
| $\hat{\beta}_2$ | = - 3.6803 | 6.6846 | 6.1788 ± 0.3612 | 0.7224 |
| \bar{x} | = 6.0418 | | | |
| s^2 | = 4.3243 | DL ₅₀ | 5.8699 ± 0.1664 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron

Cuadro A.9. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida fosalone, aplicado mediante película residual a *C. caryana* procedente de Saltillo, Coah. UAAAN. 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis X_i | Porcentaje de mortalidad esperada* \hat{P}_i | Próbitas observadas Y_i | Coficiente valorativo W_i | Próbitas de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 200 | 5.2983 | 0.05 | 3.3547 | 0.0762 | 4.1754 | 2.9346 |
| 300 | 5.7037 | 0.10 | 3.7182 | 0.3086 | 3.8834 | 3.7647 |
| 400 | 5.9914 | 0.20 | 4.1585 | 0.5168 | 4.2818 | 4.3538 |
| 500 | 6.2146 | 0.30 | 4.4760 | 0.6205 | 4.5776 | 4.8109 |
| 600 | 6.3969 | 0.45 | 4.8746 | 0.6326 | 4.9399 | 5.1841 |
| 700 | 6.5510 | 0.65 | 5.3848 | 0.5876 | 5.4310 | 5.4997 |
| 800 | 6.6846 | 0.80 | 5.8414 | 0.5152 | 5.8678 | 5.7732 |
| 900 | 6.8023 | 0.95 | 6.6452 | 0.4341 | 6.4684 | 6.0142 |

| | | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|---------|
| $\Sigma (n_i x_i)$ | = 73.832 | Límites fiduciales al 5% | | |
| $\Sigma (n_i w_i v_i)$ | = 374.3413 | Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
| $\Sigma (n_i w_i v_i x_i)$ | = 2392.7127 | 5.2983 | 2.9346 ± 0.7091 | 1.4182 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i^2)$ | = 2978.1039 | 5.7037 | 3.7647 ± 0.4690 | 0.9380 |
| $\Sigma (n_i w_i x_i)$ | = 468.1844 | 5.9914 | 4.3538 ± 0.3202 | 0.6404 |
| $\Sigma (n_i w_i v_i^2)$ | = 1942.5972 | 6.2146 | 4.8109 ± 0.2414 | 0.4828 |
| | | 6.3969 | 5.1841 ± 0.2301 | 0.4602 |
| r^2 | = 0.90 | 6.5510 | 5.4997 ± 0.2644 | 0.5288 |
| $\hat{\beta}_1$ | = 2.0476 | 6.6846 | 5.7732 ± 0.3171 | 0.6432 |
| $\hat{\beta}_0$ | = - 7.9141 | 6.8023 | 6.0142 ± 0.3737 | 0.7474 |
| \bar{x} | = 6.3412 | | | |
| s^2 | = 5.7968 | DL ₅₀ | 6.3032 ± 0.1178 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron

Cuadro A.10. Datos con los que se determinó la línea dosis-mortalidad del insecticida fosalone, aplicado en película residual a *C. caryana* procedente de Parras, Coah. UAAAN, 1988.

| Dosis ppm D_i | Logaritmo de la dosis X_i | Porcentaje de mortalidad observada* \hat{P}_i | Próbitas observadas Y_i | Coficiente valorativo W_i | Próbitas de trabajo V_i | Próbitas esperadas \hat{Y}_i |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Testigo | - | 0.0 | - | - | - | - |
| 400 | 5.9914 | 0.05 | 3.3547 | 0.1423 | 3.5437 | 3.1314 |
| 500 | 6.2146 | 0.15 | 3.9635 | 0.3495 | 4.0830 | 3.8279 |
| 600 | 6.3969 | 0.25 | 4.3258 | 0.5328 | 4.4176 | 4.3968 |
| 700 | 6.5510 | 0.30 | 4.4760 | 0.6256 | 4.5857 | 4.8777 |
| 800 | 6.6846 | 0.40 | 4.7470 | 0.6277 | 4.8422 | 5.2946 |
| 900 | 6.8023 | 0.75 | 5.6741 | 0.5671 | 5.7741 | 5.6619 |
| 1000 | 6.9077 | 0.95 | 6.6452 | 0.4751 | 6.5052 | 5.9908 |

$$\Sigma(n_i w_i) = 66.402$$

$$\Sigma(n_i w_i v_i) = 331.1666$$

$$\Sigma(n_i w_i v_i x_i) = 2193.6034$$

$$\Sigma(n_i w_i x_i^2) = 2884.3026$$

$$\Sigma(n_i w_i x_i) = 437.3298$$

$$\Sigma(n_i w_i v_i^2) = 1697.9295$$

$$r^2 = 0.86$$

$$\hat{\beta}_1 = 3.1206$$

$$\hat{\beta}_0 = -15.5653$$

$$\bar{X} = 6.5860$$

$$x = 6.4166$$

Límites fiduciaros al 5%

| Valor de x | Intervalo (Y) | Anchura |
|------------------|-----------------|---------|
| 5.9914 | 3.1314 ± 0.6236 | 1.2472 |
| 6.2146 | 3.8279 ± 0.4319 | 0.8638 |
| 6.3969 | 4.3968 ± 0.3016 | 0.6032 |
| 6.5510 | 4.8777 ± 0.2414 | 0.4828 |
| 6.6846 | 5.2946 ± 0.2577 | 0.5154 |
| 6.8023 | 5.6619 ± 0.3183 | 0.6366 |
| 6.9077 | 5.9908 ± 0.3927 | 0.7854 |
| DL ₅₀ | 6.5905 ± 0.0810 | |

* Cálculo sobre los 20 individuos observados que se utilizaron