

NIVELES DE RESISTENCIA DE *Cyrtocophala comata*  
BATES (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) A  
INSECTICIDAS DE DISTINTOS GRUPOS  
TOXICOLOGICOS EN MAIZ DE ARENAL, JALISCO

PEDRO POSOS PONCE

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

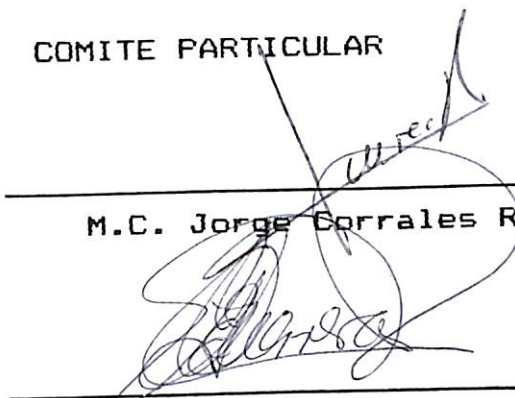
OCTUBRE DE 1993

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

COMITE PARTICULAR

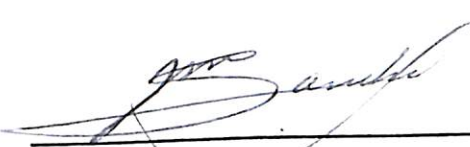
Asesor principal:

  
M.C. Jorge Corrales Reynaga


Asesor:

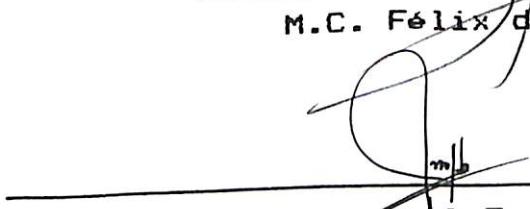
  
Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor:

  
M.C. Víctor M. Sánchez Valdés

Asesor:

  
M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre 1993

ii

Universidad Autónoma Agr.  
"ANTONIO NARRO"  
  
BIBLIOTECA

U A A A N

## AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financiaron mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haber hecho realidad mi deseo de superación.

Al comite particular de asesoría integrado por el M.C. Jorge Corrales Reynaga, Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez, M.C. Victor M. Sánchez Valdés y al M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez, por los conocimientos y el apoyo incondicional recibido para la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Jaime Tijerina y Angel Peña, por el apoyo y sugerencias recibidas para la realización de este trabajo.

A Alma Parra Por el apoyo incondicional recibido para la realización de esta investigación.

A mis compañeros del departamento de Parasitología por serlo.

A los trabajadores del CREDIF-SARH por su valiosa colaboración.

Queda de antemano mi más sincero agradecimiento al Ing. Eleno Félix Fregoso por su cooperación incondicional.

A Dios por permitirme llegar a este momento.

A todos ellos gracias mil

## DEDICATORIAS

A mis Padres y Hermanos por el apoyo incondicional recibido durante toda mi vida.

A Alma por todo el amor y comprensión recibidos, por vivir en mí. •

A todas aquellas personas que les pueda ser útil este trabajo.

A tí.....

Que te fuiste  
como el amanecer  
al cambiar el  
brillo de tu  
juventud por la  
eternidad de tu  
sol.

## COMPENDIO

Niveles de resistencia de *Cyclocephala comata* Bates (Coleoptera; Scarabaeidae) a insecticidas de distintos grupos toxicológicos en maíz de Arenal, Jalisco.

POR

PEDRO POSOS PONCE

MAESTRIA

Parasitología Agrícola

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre 1993.

M.C. Jorge Corrales Reynaga - Asesor.-

Palabras clave: Bioensayo, insecticidas *Cyclocephala comata*  
resistencia, gallina ciega.

El presente trabajo se realizó durante 1991 y 1992 en el estado de Jalisco, teniendo como objetivo principal determinar los niveles de resistencia de *Cyclocephala comata* a los diferentes insecticidas utilizados para su control en maíz de Arenal, Jalisco, llevando acabo los bioensayos con población expuesta y no expuesta a control químico.

Para las dos poblaciones de insectos se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las

DL<sub>50</sub> correspondientes en  $\mu\text{g}/\text{gr}$ , y de esta manera poder calcular la proporción de resistencia que ha desarrollado la población de *C. conata* expuesta a combate químico.

Analizando los resultados, la población expuesta mostró resistencia a todos los insecticidas evaluados, en las siguientes proporciones: clorpirifos 6.06 veces, diazinón 2.23 veces, fonofos 3.98 veces, isazofos 10.84 veces, prothiofos 3.45 veces, terbufos 2.83 veces, carbofurán 5.89 veces, lindano 5.68 veces y teflutrina 8.17 veces. Estas proporciones de resistencia fueron calculadas con respecto a la población no expuesta a control químico durante los últimos 5 años.



## ABSTRACT

Levels of resistance of *Cyclocephala conata* Bates (Coleoptera; Scarabaeidae) to insecticides for different toxicological groups in corn in Arenal, Jalisco.

BY

PEDRO POSOS PONCE

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Buena Vista, Saltillo, Coahuila. September 1993

Ing. M.C. Jorge Corrales Reynaga -Advisor-

Key words: Bioassay, insecticides, *Cyclocephala conata* resistance, white grubs.

The main objective of this research was to identify the levels of resistance of *Cyclocephala conata* to some insecticides in corn in these bioassays was using both population exposed and population not exposed to chemical control. This research was carried out during the 1991-1992 period.

Both populations of insects were identified the level of responded dosage-mortality to have the DL<sub>50</sub> corresponding to  $\mu$ /gr.

In this way, was possible to calculate the proportion of resistance developed by population of *C. conata* exposed to chemical control. Analysing these results, the population exposed to chemical control was resistance to all insecticides assessed in the following proportions: chlorpyrifos 6.06x, diazinon 2.23x, Fonofos 3.98x, isazophos 10.84x, prothiofos 3.45x, terbufos 2.83x, carbofuran 5.89x, lindane 5.68x and Tefluthrin 5.68x. These proportions of resistance were calculated in relation to population not exposed to chemical control during last five years in natural conditions.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	4
El Maíz en México y sus Plagas Rizófagas .....	4
El Area de Estudio .....	7
El Género Cyclocephala .....	8
Ubicación Taxonómica .....	8
Morfología del Adulto .....	9
Ciclo de Vida .....	10
Distribución .....	11
Tipo de daño .....	11
Control Químico del Complejo "Gallina Ciega" .....	13
✓ Insecticidas en Estudio .....	14
Fosforados .....	14
Clorpirifos .....	14
Diazinón .....	16
Fonofos .....	17
Isazofos .....	18
Prothiofos .....	19
Terbufos .....	20
✓ Carbanatos .....	21
✓ Carbofurán .....	21
Clorados .....	22

Lindano .....	22
Piretroides .....	23
Teflutrina .....	23
✓ Resistencia de Insectos a Insecticidas.....	24
✓ Descripción de la resistencia .....	24
✓ Frecuencias Génicas para la Característica de	
✓ Resistencia .....	25
✓ Tipos de Resistencia .....	27
✓ Mecanismos de Resistencia .....	29
Esterasas .....	30
Oxidasas Microsónicas de Función Mixta ....	31
✓ Glutación-S-Transferasas .....	33
Acetil Colina Insensible .....	34
Penetración Reducida .....	35
Resistencia al Derribe (KDR) .....	36
✓ Manejo de la Resistencia de Insectos a	
Insecticidas .....	36
✓ Manejo por Moderación .....	37
✓ Manejo por Ataque Múltiple .....	38
✓ Manejo por Saturación .....	38
○ Rotación de Insecticidas .....	38
MATERIALES Y METODOS .....	41
RESULTADOS Y DISCUSION .....	49
CONCLUSIONES .....	78
RESUMEN .....	79

<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>83</b>
<b>APENDICE</b> .....	<b>92</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO.NO.	PAG
Cuadro 2.1 Porcentajes de eficacia de diferentes insecticidas utilizados para el control del complejo "Gallina ciega" en Maíz en Arenal, Jalisco .....	15
Cuadro 3.1 Insecticidas en grado técnico utilizados para la obtención de las líneas respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> Bates .....	45
Cuadro 4.1 Dosis letales y límites fiduciales de diferentes insecticidas en larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> de poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	52
Cuadro 4.2 Dosis letales y límites fiduciales de diferentes insecticidas en larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> de poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	54
Cuadro 4.3 Coeficientes de correlación y Chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad de diferentes insecticidas de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> de poblaciones expuestas a control químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	56
Cuadro 4.4 Coeficientes de correlación y Chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad de diferentes insecticidas de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> de poblaciones no expuestas a control químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	57
Cuadro 4.5 Proporción de resistencia de poblaciones de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> expuestas y no expuestas a control químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	58

Cuadro A.1	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a clorpirifos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	93
Cuadro A.2	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a diazinon con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	93
Cuadro A.3	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a fonofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	94
Cuadro A.4	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a isazofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	94
Cuadro A.5	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a prothiofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	95
Cuadro A.6	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a terbufos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	95
Cuadro A.7	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a teflutrina con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	96
Cuadro A.8	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a carbofuran con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	96
Cuadro A.9	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a lindano con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	97

Cuadro A.10	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a clorpirifos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	97
Cuadro A.11	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a diazinon con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	98
Cuadro A.12	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a fonofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	98
Cuadro A.13	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a isazofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	99
Cuadro A.14	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a prothiofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	99
Cuadro A.15	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a terbufos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	100
Cuadro A.16	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a teflutrina con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	100
Cuadro A.17	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a carbofuran con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	101
Cuadro A.18	Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala conata</i> a lindano con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco .....	101



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG.
Figura 4.1 Líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a diferentes insecticidas en poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.....	63
Figura 4.2 Líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a diferentes insecticidas en poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco. ....	65
Figura 4.3 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a clorpirifos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....	67
Figura 4.4 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a diazinón en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....	67
Figura 4.5 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a fonofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco....	69
Figura 4.6 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a isazofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.....	69
Figura 4.7 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de <i>Cyclocephala comata</i> a prothiofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....	71

- Figura 4.8 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a terbufos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....71
- Figura 4.9 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a carbofurán en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....72
- Figura 4.10 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a lindano en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....72
- Figura 4.11 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a teflutrina en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco. ....74

## INTRODUCCION

El maíz representa en Jalisco el principal cultivo básico sembrado extensivamente, ocupando el primer lugar en cuanto a superficie cosechada, producción y rendimiento con 900,000 hs en el estado de este indispensable cereal.

La superficie con maíz ocupa principalmente zonas temporaleras y de humedad residual, siendo las primeras las más generalizadas, debido a esto el cultivo está sujeto a varios y diversos factores tales como; precipitación pluvial, temperaturas, enfermedades, malezas, plagas y otros siniestros que influyen en su rendimiento.

Dentro del complejo de plagas un factor de particular importancia es el grupo de insectos rizófagos constituido por: *Colaspis chapalensis*, *Diabrotica virguifera*, Gusano de alambre de la familia Tenebrionidae así como también del complejo de "Gallina ciega" constituido por los géneros: *Cyclocephala*, *Phyllophaga* y *Anomala*.

Dentro de este grupo de insectos rizófagos, las larvas de gallina ciega representan el principal problema de carácter fitosanitario en el estado de Jalisco, ya que puede

atacar al cultivo de maíz desde antes de la germinación hasta el final de su desarrollo normal, siendo su período crítico durante los primeros 50 días de su desarrollo, se estimó que los géneros de gallina ciega *Cyclocephala*, *Phyllophaga* y *Anomala* infestan aproximadamente unas 200,000 hs, localizadas en la zona centro del estado de Jalisco, comprendiendo las regiones consideradas más productoras de maíz, donde se encuentra la región de Arenal, donde anualmente las larvas de *Cyclocephala conata* Bates ocasionan pérdidas que van desde un 40 a un 70 por ciento de la producción normal.

Las principales medidas de manejo de plagas que utiliza el agricultor es el control cultural y el químico, siendo este último el recurso más generalizado para proteger el área radicular del cultivo de esta plaga.

Debido a lo anterior han entrado al mercado nuevos y diversos insecticidas, los cuales se han usado indiscriminadamente en diversas formulaciones, dosis y aplicaciones, sin embargo algunos mostraron inicialmente una aceptable eficiencia en el control de esta plaga y que a través del tiempo esos controles han venido decreciendo notablemente, por lo que las dosis se han venido incrementando consecutivamente sin obtener resultados positivos para el control de esta plaga, esto posiblemente debido a que las larvas de *C. conata* han desarrollado el fenómeno común de resistencia o selección artificial para

3

los tóxicos que tienen mayor tiempo en el mercado, por lo que a últimas fechas el control de esta plaga ha venido decreciendo notablemente sin obtener resultados positivos.

Basado en lo anterior se llevó a cabo la presente investigación para determinar el estado de susceptibilidad de *C. comata* a los diferentes insecticidas utilizados para su control, por lo que se plantean los siguientes objetivos:

- 1.- Obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad de poblaciones de *C. comata* expuestas y no expuestas a control químico.
- 2.- Estimar los niveles de resistencia de *C. comata* a los diferentes insecticidas utilizados para su control.
- 3.- Sentar las bases toxicológicas para un modelo rotacional de insecticidas para el control de larvas de *C. comata* como alternativa de el manejo de la resistenciaa los diferentes insecticidas utilizados para su control en la región de Arenal, Jalisco.

## REVISION DE LITERATURA

### El Maíz en México y sus Plagas Rizófagas

En la agricultura mexicana el maíz es el cultivo más importante, ya que se cosechan alrededor de siete y medio millones de hectáreas anuales con un rendimiento promedio de 1.4 ton/ha y que producen 10'500,000 toneladas de grano que se destina casi en su totalidad a la elaboración de tortilla, elemento básico de la alimentación mexicana. Jalisco continúa siendo el líder productor a nivel nacional con 2 millones de toneladas de grano anuales, cosechadas en 900,000 hs con un rendimiento promedio de 2.2 ton/ha (Vázquez, 1988).

Entre los principales problemas del cultivo del maíz se encuentran las plagas rizófagas que habitan en el suelo (Vázquez, 1988). La presencia de las plagas del suelo en el estado de Jalisco se considera de carácter endémico y su manifestación en intensidad, espacio y tiempo, ha sido variable, ya que dependen principalmente de las condiciones climatológicas que se han dado en los diferentes ciclos agrícolas, esto es que con mucha frecuencia son contrastantes los niveles de infestación de las diversas especies. La situación anterior implica estinar

verdaderamente la superficie infestada, su densidad poblacional y su distribución (Félix, 1986).

Desde 1960 se reportan algunos géneros de insectos que se les atribuyen daños económicamente importantes. Entre ellos se citan varios géneros que corresponden a insectos de gallina ciega *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae), gusano alfilerillo, *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae); adicionalmente se reportan a los gusanos de alambre (Coleoptera: Elateridae) y a la catarinita *Colaspis* (Vázquez, 1988). En la actualidad se sabe que el complejo de plagas del suelo que atacan al maíz está representado por varios géneros de gallina ciega *Cyclocephala*, spp. *Phyllophaga* spp. y *Anomala* spp., larvas de diabrótica (*Diabrotica virgifera zea*) Krysan y Smith, colaspis (*Colaspis* sp.), gusano de alambre *Ischiodonthus* y/o *Megapentes* (Elateridae) y falsos gusanos de alambre (Tenebrionidae) (De la Paz, 1987).

Hasta la década de los años sesenta, el control de daños por insectos rizófagos se lograba con insecticidas organoclorados como el heptacloro, aldrín y dieldrín; sin embargo, en 1972 a raíz de la prohibición de estos productos químicos, además de su ineficiencia para el control de estas plagas, el problema tomó mayores proporciones (Félix, 1978).

Actualmente en el estado de Jalisco, la superficie afectada por el complejo de plagas del suelo, constituido

por gusanos de alambre, gallina ciega y colaspis en ese orden de importancia, se estima en 80,000 hs, es decir, el 8.8 por ciento de la superficie total cultivada (Félix, 1978). Sin embargo, esta estimación es un tanto conservadora, debido a que existen algunos años en que por condiciones climáticas favorables, el problema es de mucho más altas proporciones y no ha podido ser adecuadamente medido (Vázquez, 1988). Al respecto Nájera (1988) menciona que las zonas más afectadas en el estado de Jalisco por el ataque de larvas de gallina ciega son la región centro, sur y los altos; mientras que, (Félix, 1988) estima que el área afectada en estas regiones del estado es de aproximadamente 200,000 hs., acentuándose su presencia y daño en la zona centro del estado.

Las larvas de gallina ciega constituyen uno de los elementos más abundantes del complejo de coleópteros edafícolas a los que se les ha responsabilizado de la disminución de los rendimientos de grano de maíz por una cantidad equivalente a 1,314 kg/ha en algunas localidades del estado de Jalisco. Estos datos son más relevantes si se considera que frecuentes infestaciones se han registrado en diez estados cuya superficie cultivada de maíz representa casi el 50 por ciento del área dedicada a este cultivo en México (7 millones de hs). En esta zona se cuenta con los mejores sistemas para la producción de riego y de temporal y las áreas infestadas por plagas del sistema radicular pueden ser entre 400,000 y 500,000 hectáreas (Morón, 1990). En la



actualidad en el estado de Jalisco se confirma que el complejo de plagas raiceras del maíz, constituye uno de los principales factores que limitan el rendimiento derivado de los daños directos e indirectos que ocasionan en por lo menos 220,000 hectáreas anuales, acentuándose su presencia y daño en las zonas con mayor potencial de rendimiento como lo es la zona centro del estado de Jalisco (Félix, 1990).

### Area de Estudio

El municipio de Arenal se encuentra ubicado en la región central del estado de Jalisco, al sureste de la subregión de tequila. La cabecera municipal se encuentra al sureste del municipio, teniendo como coordenadas geográficas una latitud Norte de  $20^{\circ}46.7'$  y una longitud Oeste de  $103^{\circ}41.7'$  y una altura sobre el nivel del mar de 1380 m. El clima según el sistema climático de Kopen modificado por García se encuentra clasificado de la siguiente manera: (A)  $C_1(Wc)(W)a(C)$ ; siendo semicálido húmedo con lluvias de verano, teniendo una precipitación pluvial media de 1103.6 mm, con una temperatura media anual de  $20^{\circ}\text{C}$  con una máxima de  $40.5^{\circ}\text{C}$  y una mínima de  $-1.5^{\circ}\text{C}$ .

Arenal se encuentra enclavado en la provincia geológica denominada como Eje Neovolcánico. Las rocas que dieron origen a sus suelos, pertenecen a las denominadas calizas y rocas ígneas extrusivas: Riolita, Andesita, Basalto, Toba, Brecha volcánica, dando origen a suelos de

relieves mas o menos planos, predominando en su mayoría altitudes en el extremo Noroeste que coinciden con los márgenes del Río Grande Santiago, donde varía entre los 600 y 900 m.s.n.m. encontrando suelos caracterizados por ser Feozen Háplico, asociados con Regosoles Eútricos y Vertisoles Pélicos. Su vegetación se caracteriza por un predominio de la Agricultura de Temporal, principalmente Maíz y Agave tequilero, además de especies de origen silvestre como: Huizache (*Acacia sp*), Mezquite (*Prosopis sp*) y Nopal (*Opuntia sp*) (INEGI, 1986).

### El Género *Cyclocephala*

#### Ubicación taxonómica

De acuerdo con Borrór et al. (1989) el género *Cyclocephala* se ubica taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino .....Animal

Phyllum .....Arthrópoda

Clase ..... Hexápoda

Orden .....Coleoptera

Suborden ..... Polyphaga

Familia ..... Scarabaeidae

Subfamilia ..... Dynastinae

Género .....*Cyclocephala*

Especie ..... *comata*

Pike et al. (1976) reportan las siguientes

sinonimias de *Cyclocephala*: *Aclinidia*, *Diapatalia*, *Dicronina*, *Graphalia*, *Halotosia*, *Homochromina*, *Isocoryna*, *Mononidia*, *Ochrosidia*, *Flagiosalia*, *Spilosota* y *Stignalia*.

#### Morfología del adulto.

El adulto es de forma oblonga a ovalada, tamaño pequeño a moderado, lados subparalelos, dorso convexo, la parte media del élitro está ampliamente redondeada, longitud de ápice del clípeo hasta el ápice del élitro varía de 5-25 mm., es de color café claro tendiendo a rojizo, con manchas negras u oscuras presentes frecuentemente en el pronotum y élitros. La cabeza es de forma subtriangular; los tubérculos y carinas son ausentes. Las antenas son de 8 a 10 segmentos; club usualmente corto de tres segmentos; ocasionalmente elongado. El clípeo es angosto apicalmente y de forma variable, pero no es corto ni trapezoidal. El ápice del clípeo es redondeado o truncado, completo y sin bordes. La sutura del clípeo siempre está presente. Las mandíbulas pequeñas, delgadas expuestas más allá del ápice del clípeo. La parte más ancha del pronoto se encuentra en la parte media, el margen apical normalmente es curvado y no proyectado hacia adelante. Las carinas y tubérculos son ausentes. En los élitros existen estrías y puntuaciones variables y débilmente marcadas. En las patas la uña de enfrente en los machos está alargada, la uña externa del tarso frontal usualmente es más larga que la uña interna y con el ápice simple o abierto. Las uñas poseen el onychium

bisetado.

En el abdomen se aprecia la genitalia de tamaño variable y los órganos estriduladores son ausentes (Pike *et al*; 1976).

#### Ciclo de Vida.

Debido a que no se encontró referencia específica sobre el ciclo biológico de *C. comata* Bates, por su similitud, a continuación se describe el ciclo biológico de *Cyclocephala (Ochrosidia) villosa* Burn descrito por C.R. (Neiswander, 1978).

Las gallinas ciegas completan su ciclo de vida en un año. El período de oviposición de los huevecillos se extiende de fines de junio a julio. Observaciones a la fecha indican que la mayor parte de los huevecillos son depositados en pastos y gramíneas en general de una manera similar a los de *Phyllophaga*. Después de un período de 19 días los huevecillos eclosionan y las larvas jóvenes empiezan a alimentarse; las cuales crecen rápidamente, de tal forma que al llegar el invierno casi habrán completado su desarrollo larval. A mediados de octubre empiezan a migrar para protegerse del invierno se entierran a una profundidad de 30 a 35 centímetros bajo el suelo. A principios de abril comienzan su regreso hacia la superficie, y para mayo la mayoría de las larvas están en la

superficie del suelo alimentándose de las raíces de los pastos. A principios de junio las larvas se entierran de 15 a 20 cm. de profundidad y empiezan a pupar. El tiempo, promedio duración de la pupa es de 18.7 días (Neiswander, 1978).

Los adultos empiezan a emerger generalmente durante la última parte de junio aunque se han detectado individuos en trampas de luz en la segunda semana de julio. Los adultos se siguen presentando hasta fines de julio (Neiswander, 1978).

#### Distribución.

Según Morón (1986), en México el género *Cyclocephala* se distribuye en los siguientes estados: Chiapas, Veracruz, Baja California Sur, Morelos, Hidalgo y Aguascalientes. Por su parte Pike *et al.* (1976) reportan *C. conata* Bates para los estados de Jalisco, Zacatecas y Aguascalientes.

#### Tipo de daño.

Deloya (1988) y Félix (1990) coinciden en que el complejo de gallina ciega está integrado principalmente por los géneros: *Cyclocephala*, *Phyllophaga*, *Anomala* y *Diplotaxis*, que aunque presentan diferencias marcadas en cuanto a su ciclo de vida, el tipo de daño que ocasionan al sistema

radicular de sus hospederos es muy similar, no obstante la versatilidad y eficiencia alimentaria dificulta el estudio de los hábitos de estos insectos, ya que no resulta fácil saber qué parte de la raíz o cuánto come cada uno de los géneros de gallina ciega que coexisten en una rizósfera (Morón, 1990) debido a la falta de referencia sobre el tipo de daño para *C. conata* se toma como referencia información de *Phyllophaga* ya que en lo general el comportamiento de los cuatro géneros del complejo de gallina ciega es similar, y que en realidad como complejo en la mayoría de los casos se reportan los resultados.

Los adultos son una plaga importante que en ocasiones ataca el follaje de numerosas plantas frutales, forrajeras y de ornato. Las larvas presentan la mayor importancia económica, puesto que se alimentan de las raíces de numerosas especies de plantas causando su deterioro en grandes áreas. Entre los muchos ejemplos de cultivos afectados se han citado: pastos, trigo, rosas, plántulas de vivero, papa, frijol, fresa, maíz, chile, caña de azúcar, acelga, canote, arroz, durazno, garbanzo, haba, jitomate, manzano, betabel, zanahoria, espinaca, cebolla y sorgo. citados por (Morón, 1986).

El daño que ocasionan las larvas de gallina ciega se le atribuye a la poderosa estructura de su aparato bucal masticador y a las interesantes modificaciones de su aparato digestivo que les permite alimentarse con materiales duros,

fibrosos o suaves, como pueden ser raíces, tallos leñosos, hojarasca húmeda o el mismo suelo orgánico (Morón, 1990). El daño que estas larvas causan se manifiestan primero en plántulas marchitas y después en zonas con baja población de plantas inclinadas, curvas o acanadas que crecen en forma irregular (Ortega, 1987).

### Control Químico del Complejo "Gallina Ciega"

Hasta el momento, los trabajos de investigación sobre control químico de gallina ciega (que a continuación se citan) han sido basados en la biología del género *Phyllophaga*; por lo que se considera, que este sea uno de los factores que han impedido el control adecuado del complejo gallina ciega, ya que tan solo en Jalisco se presentan cuatro géneros con diversas especies, por lo que resulta de vital importancia la identificación precisa de los géneros y especies hacia el cual va dirigido el control químico, ya que se presentan diferencias en cuanto a la biología de cada género y posiblemente de las especies que integran el complejo.

Antes de 1972 según Bautista (1978) el control de plagas rizófagas en Jalisco se realizaba con base en cinco productos químicos, que fueron: aldrín, dieldrín, heptacloro, clordano y BHC, todos ellos organoclorados ciclodienos. El mismo autor menciona que a raíz de la prohibición en México de algunos de ellos, en 1975,

diferentes productos químicos de otros grupos toxicológicos fueron usados. Sin embargo, estos insecticidas eran recomendados dado los resultados obtenidos de otras zonas de México o del extranjero. Fue hasta 1977 que se iniciaron los primeros trabajos experimentales para determinar los productos registrados en el mercado mas efectivos para el control de estos insectos, de los cuales en la actualidad se utilizan terbufos, carbofurán, isofenfos, clorpirifos, diazinón, fonofos, protiofos, lindano e isazofos, y a nivel experiental se han venido utilizando bifentrina, teflutrina, entre otros (Félix, 1991), como se puede observar en el Cuadro 2.1. Ante el uso continuo de estos productos se han observado diferentes comportamientos de la plaga, desde el fenómeno común de resistencia a los insecticidas que tienen mayor tiempo en el mercado, hasta el fenómeno de mortalidades porcentuales satisfactorias o totales debido a que son compuestos recientemente ensayados ante los cuales aún no desarrollan resistencia (Morón, 1986).

### Insecticidas en Estudio

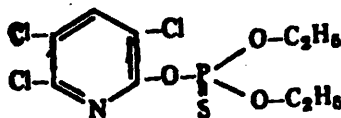
#### Fosforados

Nombre común: clorpirifos.

Propiedades: Cristales granulares blancos.

Punto de fusión: 41.5-43.5°C.

Fórmula Estructural





es Insecticidas utilizados para el control  
maíz en Arenal, Jalisco (Félix, 1992).

1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Carbofuran 25/300	BHC 62/1200	Carbofuran 63/1000	Bifentrin 35/200	Carbofuran 85/1000	Carbofuran 61/1000	Carbofuran 85/1000
Clorpirifos 52/750	Carbofuran 83/1000	Clorpirifos 51/600	Carbofuran 23/2000	Clorpirifos 53/600	Clorpirifos 57/600	Clorpirifos 71/600
Fonofos 70/1000	Isofenfos 56/100	Ebufos 63/1000	Carbofuran 42/1000	Diazinon 62/1000	Diazinon 51/1000	Diazinon 60/1000
Isofenfos 69/1000	Lindano 45/500	Fonofos 69/1000	Clorpirifos 67/750	Fonofos 58/1000	Fonofos 58/1000	Fonofos 77/1000
Terbufos 88/1000	Lindano 83/625	Isazofos 79/1000	Diazinon 51/1000	Isazofos 83/1000	Isazofos 73/1000	Isazofos 94/1000
Primetocarb 65/1500	Paration Met. 70/625	Lindano 60/8000	Fonofos 65/1000	Isofenfos 64/1000	Prothiofos 57/1000	Terbufos 90/1000
		Prothiofos 65/1250	Isazofos 75/1000	Prothiofos 59/1000	Terbufos 60/1000	
		Terbufos 50/1000	Lindano 55/800	Terbufos 62/1000	Teflutrina 65/200	
		Teflutrina 61/200	Prothiofos 75/1250	Teflutrina 62/200		
			Terbufos 59/1000			

Cuadro 2.1. Porcentaje de Eficacia del complejo "Gallina"

1976	1977	1978	1980	1983	1983	1984
Carbofuran 82.6/750	Carbofuran 85/750	Carbofuran 82/750	BHC 77/1200	BHC 80/1200	Lindano 79/625	Carbofuran 77/100
Clorfenvinfos 61.5/375	Clorfenvinfos 75.6/1000	Clordano 68/2500	Bufencarb 78/1250	Carbofuran 80/1000	Terbufos 90/1000	Clorpirifos 48/750
Clorpirifos 50/375	Clorpirifos 48/375	Clorpirifos 70/750	Carbofuran 91/100	Clorpirifos 14.28/750	Terravin 42.8/1250	Diazinon 50/1000
Diazinon 76.9/1.600	Diazinon 55/1000	Diazinon 71/1400	Clorpirifos 78/750	Deltane 77/1000	Trimetocarb 40/1000	EPN 37/1250
Fonofos 91.3/3000	Fonofos 90/3000	Fonofos 58/1000	Diazinon 69/1400	Diagranul 71/1600	UCM 54/375	Fonofos 68/1000
Foxim 83.6/1250	Foxim 85/1250	Foxim 87/1250	Foxim 83/1250	Diazinon 15/1000		Isazofos 87/1000
Heptacloro 58/1870	Terbufos 50/750	Isofenfos 72/1250	Terbufos 73/1250	EPN 40/1250		Isofenfos 70/1000
Hudson 44.2/1600		Terbufos 75/1250		Fonofos 57/1000		Terbufos 88/1000
Isofenfos 85/1500				Foxim 57.5/1250		Trimetocarb 44/1000
Terbufos 53.8/750				Isazofos 85/1000		
				Isofenfos 80/1500		

(% eficiencia/grs. de I.A. por ha.)

**Composición química:**

0,0-dietil 0-(3,5,6-tricloro-piridín-2-y-1)-fósforotioato.

**Acción:** Insecticida

**Clase de toxicidad:** II

**Toxicidad:** a) Ratas DL<sub>50</sub> oral 96-270 mg/kg

b) Conejos DL<sub>50</sub> cutánea 2000 mg/kg

c) Conejillo indias DL<sub>50</sub> oral 504 mg/kg

**Riesgos:** a) Peces: CL<sub>50</sub> 0.18 (24 h) pez dorado <  
1mg/litro pez mosquito

b) Abejas: tóxico

c) Aves DL<sub>50</sub> 32 mg/kg gallinas

**Plagas que controla:** Afidos, gusano soldado, chinche hocicona, chinches, gorgojos, barrenador del tallo del maíz, larvas de escarabajo pulga, gallina ciega, gusano de la raíz, adultos de la mazorca, trozadores (orugas), chapulines, gusano alambre, plagas de la semilla del maíz, hormigas fuego, insectos de plantas ornamentales. (M.P.C 1991).

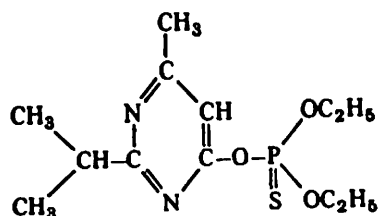
**Nombre común:** diazinón.

**Composición química:**

0,0-dietil 0-(2-isopropil-4-metil-6-piririmidinil)  
fosforotioato.

**Propiedades químicas:** Aceite incoloro  $d^{20}$  1.116-1.118  $n^{20}$  1.4978-1.4981. Líquido café pálido a obscuro, al menos 90 por ciento de pureza.

Fórmula estructural



Acción: Insecticida, nematocida.

Plagas que controla: Plagas del suelo, de la fruta, hortalizas, tabaco, forraje, cultivos diversos, pastos, ornamentales, pasturas. También controla cucarachas y otros insectos caseros; larvas, nemátodos en turbas; se usa como tratamiento de la semilla y controla moscas.

Riesgos: Tóxico a peces y abejas.

Solubilidad: En agua a temperatura ambiente 0.004 por ciento. Mezclable con etanol, acetona, xileno, soluble en aceites derivados del petróleo.

Clase de toxicidad: II o III.

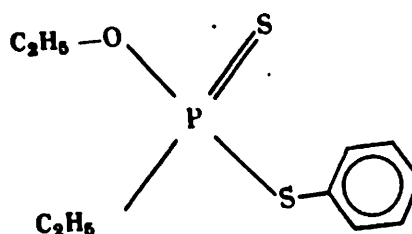
Toxicidad: a) Material técnico. Ratas DL50 oral 300-400 ng/kg; CL50 inhalación 3.5 ng/kg; cutánea 3600 ng/litro.

b) Conejos: cutánea 3600 ng/kg causa irritación de la piel (M.P.C, 1991).

Nombre común: fonofos.

Composición química: O-Etil-S-feniletilfosfonoditioato

Fórmula estructural



**Acción:** Insecticida para suelos.

**Plagas que controla:** Gusanos de la raíz, gusanos cortadores, plagas foliares, centípedos de jardín, cienpiés y larvas de gusano alambre.

**Formulaciones:** Concentrado emulsionable y gránulos.

**Riesgos:** a) Peces CL<sub>50</sub> 0.05 mg/l (96 h) trucha arcoiris.

b) Abejas: Tóxico.

**Clase de toxicidad:** I y II

**Toxicidad:** a) Material técnico. Ratas DL<sub>50</sub> oral 8-17.5 mg/kg.

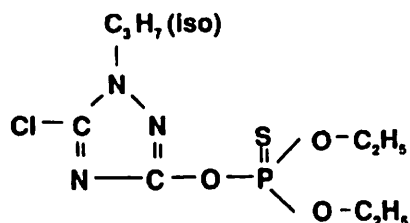
b) Conejos. Aplicación cutánea aprox. 25 mg/kg.

Inhibidor de colinesterasa. Gránulos son menos peligrosos que las emulsiones. TLV 0.1 mg/m<sup>3</sup>. (M.P.C, 1991)

**Nombre común:** isazofos.

**Composición química:** O-(5-cloro-1-isopropil-1H 1,2,4 - triazol-3yl) O,O-dietil fosforotioato.

**Fórmula estructural**



**Propiedades:** Líquido amarillento; punto de ebullición 100°C a 0.001 mm/Hg.

**Plagas que controla:** Controla plagas en turba (césped), maíz, arroz y otros cultivos.

**Riesgos:** a) Aves: ingestión oral 61 mg/kg.

Pato silvestre: ración 244 ppm.

Codorniz: 81 ppm.

Solubilidad: En agua, 150 ppm a 20°C, soluble en solventes orgánicos, ejem. metanol, cloroformo.

Formulaciones:

Toxicidad: Clase I.

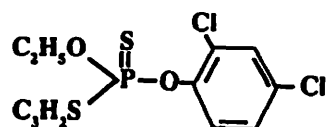
Toxicidad: a) Ratas: Oral DL50 40-60 mg/kg.

Cutáneo 118 mg/kg (hembras) > 3100  
mg/kg (machos). (M.P.C, 1991)

Nombre común: prothiofos.

Composición química: O-(2,4,-diclorofenil) O-etil S-propil

Fórmula estructural



Propiedades: Líquido incoloro; punto de ebullición a 125-128°C a 0.1 mmHg. Presión de vapor < 10<sup>-5</sup> mbar a 20°; d<sub>4</sub><sup>20</sup> = 1.3.

Acción: Insecticida.

Plagas que controla: Pseudococos, orugas, oruga, trips, áfidos, mosquitos, moscas; plagas que afectan la salud pública.

Riesgos: a) Peces: Cl50 0.7 mg/litro (96 h) trucha arcoiris.

Solubilidad: Se solubiliza con facilidad en n-hexano; casi insoluble en agua.

Clase de toxicidad: III.

Toxicidad: a) Ratas: Oral DL<sub>50</sub> aprox. 1500 mg/kg.

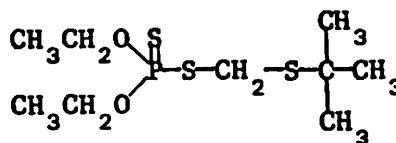
Cutáneo > 5000 mg/kg. (M.P.C,1991)

Nombre común: terbufos.

Composición química: S-[[[(1.1 Dimetiletil) tio] metil] O,  
O-dietil fósforoditioato.

Propiedades: Líquido claro, ligeramente café. Punto de  
fusión: 29.2°C. Se hidroliza bajo condiciones alcalinas.  
Estables por al menos 2 años a temperatura ambiente.

Fórmula estructural



Acción: Insecticida sistémico, nematocida.

Plagas que controla: Nemátodos, plagas de la raíz del maíz;  
chinchas en sorgo.

Solubilidad: Soluble en agua 15 ppm soluble en acetona,  
hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos clorados y alcoholes.

Clase de toxicidad: I

Toxicidad: a) Material técnico. Ratas 4.5 mg/kg (machos); 9.0  
mg/kg (hembras).

b) Ratón: 3.5 mg/kg (machos); 9.2 mg/kg  
(hembras).

c) Conejos: Cutánea 1.1 mg/kg (24 h con un solo  
contacto).

15 G (conejos) DL<sub>50</sub> aprox. 28-34 mg/kg cutánea.

15 G gránulos secos (ratas): DL<sub>50</sub> cutáneo 900-1425 mg/kg (24 hr continuamente) (M.P.C, 1991).

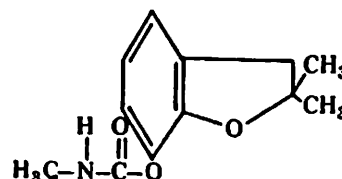
### Carbamatos

Nombre común: Carbofurán.

Composición química: 2,3-Dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato.

Propiedades: Material técnico. Sólido inoloro en cristales. Punto de fusión 153-154°C. Peso específico 1.180 20°C. Presión de vapor  $3.1 \times 10^{-7}$  mb a 20°C.

Fórmula estructural



Acción: Amplio espectro insecticida, nematocida, acaricida. Plagas que controla: Plagas foliares y del suelo. Afidos, gorgojos de la alfalfa, nemátodos, insectos foliares (que comen hojas) del maíz dulce. Trips en algodón; nemátodos y trips en cacahuate. Nemátodos y escarabajos en pepinos y cucurbitas. Saltamontes, insectos que comen follaje de tabaco. Escarabajo y nemátodos de la soya en México. Barrenador de la caña de azúcar.

Riesgos: a) Peces: Tóxico Cl<sub>50</sub> 0.24 (96 h); 0.28 mg/litro



(trucha arcoiris).

b) Abejas: Gránulos al 5 por ciento no son tóxicos.

c) Aves: Polvo DL50 25-39 mg/kg (pollos).

Solubilidad: Fácilmente soluble en diclorometano. Soluble en -2-propanol. Difícilmente soluble en agua y n-hexano (M.P.C, 1991).

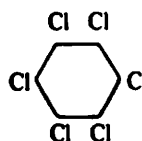
### Clorados

Nombre común: lindano.

Composición química: Isómero gama de 1,2,3,4,5,6-hexacloro - ciclohexano.

Propiedades: No debe contener menos de 99.5 por ciento el isómero gama de BCH. Fluido blanco cristalino; punto de fusión 112-113°C inodoro.

Fórmula estructural



Acción: Insecticida.

Plagas que controla: Principalmente como tratamiento a la semilla. También para tratamientos de suelo, aplicación en follaje, en frutas y árboles de nueces, vegetales, plantas ornamentales y protector de maderas.

Vapor muy activo: Contra orugas.

Riesgos: a) Peces: Tóxico

b) Abejas: Tóxico

**Solubilidad:** Soluble en agua a varias temperaturas 7.3 ppm a 25°C; 12 ppm a 35°C, 14 ppm a 45°C. Ligeramente soluble en aceites minerales, soluble en acetona, aromáticos e hidrocarburos clorados.

**Clase de toxicidad:** II

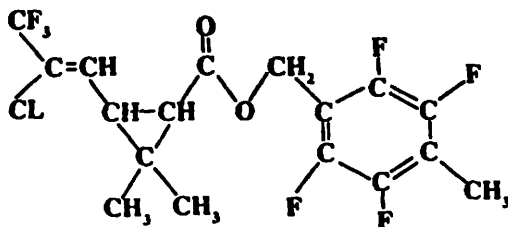
**Toxicidad:** a) Ratas: oral DL<sub>50</sub> 88-125 mg/kg. Cutáneo 1000 mg/kg (M.P.C, 1991).

### Piretroides

**Nombre común:** teflutrina.

**Composición química:** 1.5 por ciento Teflutrina + 98.5 por ciento ingredientes inertes.

**Fórmula estructural**



**Acción:** Insecticida.

**Plagas que controla:** Plagas del maíz, maíz palomero y de la senilla.

**Riesgos:** a) Peces: Altamente tóxico.

**Solubilidad:** Extremadamente baja en agua. Soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

**Clase de toxicidad:** III.

**Toxicidad:** a) Ratas: Oral DL<sub>50</sub> 1531-3091 mg/kg. (M.P.C, 1991).

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, que conlleva al fracaso del uso de insecticidas a dosis que usualmente eran efectivas contra poblaciones de insectos plaga (Lagunes, 1982). De acuerdo con Byerly y Nava (1990) la resistencia se ha venido dando por el uso de insecticidas de manera irracional para el control de las plagas.

### Descripción de la resistencia.

Según la Academia Nacional de Ciencias (NAS, 1972) señala que la resistencia es un proceso bioquímico-genético en el cual algunos individuos toleran dosis de insecticidas que son letales para la mayoría de los individuos de una población normal de una misma especie; y se considera solamente un caso especial de su adaptabilidad a los cambios del medio ambiente. De esta manera la velocidad con que la manifiestan depende del grado de selección de la población que resulte del uso de altas dosis y aplicaciones continuas, así como el resto de la población que no ha sido sometida a aplicaciones, que por medio de migraciones y combinación genética, permite la restauración de los genes que le dan la característica de susceptibilidad; por tal motivo se asume que la relación cuantitativa entre la

intensidad de selección y velocidad del progreso evolutivo del desarrollo de la resistencia, depende además de los factores anteriores, de la dominancia y frecuencia de los alelos que la confieren (Hoskins y Gordon, 1956 y Gunther y Jeppson, 1962).

En base a lo anterior la resistencia, es considerada como una característica hereditaria que se manifiesta en poblaciones que poseen los factores para tal resistencia y no siendo posible inducirla por hábito durante la vida del insecto ya que ya está presente en su contenido genético, y que por medio del uso de insecticidas se van seleccionando los genes mutantes con reducida susceptibilidad a estos tóxicos, dando como resultado cepas tolerantes que sobreviven y que al reproducirse heredan la resistencia a las generaciones subsecuentes (Plapp, 1976 y Crenlyn, 1982).

Georghiou y Taylor (1977 a y b) mediante sus investigaciones demostraron por medio de simulaciones en computadora, que la regulación de cualquiera de los factores mencionados, por si solo, no es suficiente para contrarrestar la resistencia indefinidamente, pero hay algunas combinaciones que son más claramente influenciables que otras.

### Frecuencias génicas para la característica de 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 y Plapp y Wang, 1983).

Taylor y Georghiou (1979) consideran que la dominancia de los alelos resistentes depende fundamentalmente de las dosis que se utilicen de los insecticidas, debido a que el porcentaje de mortalidad en las líneas probit para cada genotipo, es una función lineal de las dosis representadas logarítmicamente, y la resistencia de los heterocigotos es generalmente intermedia entre las formas homocigóticas, a la vez, especifican que asumiendo que un solo locus para el alelo R, en respuesta a una dosis alta que puede matar a todos los individuos SS y una gran proporción de los RS, sobrevive, y de esta manera, se logra la dominancia funcional del alelo S; y que al contrario, una dosis reducida mataría a todos los SS pero los RS quedarían en una proporción alta, lo que induce la recesividad funcional del alelo S. Indican también que la manera de observar este mecanismo de control, es que después de la aplicación del insecticida a dosis lo suficientemente altas, los pocos sobrevivientes podrían caracterizarse como genotipos RR, pero que si el insecticida es poco residual y se presenta la suficiente inmigración de SS, el mayor apareamiento podría ocurrir entre individuos SS y RR, de tal forma que la próxima generación se presentarían los

genotipos SS y RS los cuales pueden ser eliminados fácilmente si el alelo S es intrínsecamente dominante o si se le induce por manipulación conveniente de las dosis aplicadas, (Taylor y Georghiou 1979 y Georghiou 1983 y Lagunes, 1984).

### Tipos de resistencia

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

Loockwood *et al* (1984) mencionan que estos dos tipos de resistencia con frecuencia coexisten en las poblaciones de insectos y reconoce la continuidad del comportamiento y fisiología, también propone que el grado de exclusividad de cualquier mecanismo de resistencia que se pueda presentar es proporcional a su habilidad de persistir, presentándose divergencia evolucionaria solo cuando se presentan condiciones específicas en las que en un momento dado puede

esperarse la coevolución de algunas formas de resistencia por comportamiento con la resistencia de tipo fisiológica.

Se conocen dos clases de resistencia según sea el número de mecanismos de detoxificación y los plaguicidas involucrados: la cruzada y la múltiple.

La resistencia cruzada induce a que la población plaga se vuelva resistente a dos o más insecticidas usualmente relacionados por el modo de acción de un solo mecanismo de resistencia como el resultado de la exposición a uno de ellos (resistencia cruzada positiva), pudiendo no manifestarse con otros insecticidas químicamente diferente, denominándole de esta manera resistencia cruzada negativa (Plapp, 1976 y Gunther y Jeppson, 1962). Al respecto Georghiou (1983) indica que el picudo del algodón es capaz de manifestar resistencia a DDT y toxafeno; y desarrollar resistencia cruzada a tres organofosforados y dos carbanatos y en niveles bajos a razas resistentes a endrín pero nunca a azinfosmetil, generalmente los hidrocarburos clorados no inducen tal resistencia a fosforados pero estos sí la inducen a clorados. Por su parte Lagunes (1984) indica que algunos autores han observado en poblaciones de insectos, aumento en cuanto a la susceptibilidad a fosforados como resultado de la selección hecha por piretroides y viceversa, por lo que se recomienda usar un insecticida fosforado después de haber usado un piretroide, pero nunca un carbanato, ya que tienen el mismo mecanismo de

detoxificación. Por otra parte Chen y Sun (1986) indican que los carbanatos en un momento dado pueden inducir resistencia a insecticidas fosforados y a clorados, pero no a los de su mismo grupo, como ocurre en el caso de los piretroides, en los cuales la resistencia cruzada se presenta con mucha frecuencia.

Metcalf (1983) define la resistencia múltiple como 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 de detoxificación. Indica que lo anterior es provocado cuando las poblaciones se someten irracionalmente a diferentes tipos de insecticidas y que una vez que se indujo a la dominancia de genes involucrados estos permanecen por un largo tiempo, de tal forma que la restauración de la susceptibilidad dura poco tiempo ya que el proceso de reversa en el caso de la resistencia es más rápido.

### Mecanismos de resistencia.

Lagunes y Rodríguez (1985) afirman que existen varios mecanismos de resistencia reconocidos a la fecha, en los cuales su actividad varía de acuerdo a las características específicas de los insecticidas utilizados, pero de manera general, la detoxificación enzimática es la vía más común en el caso de los insectos también indican que



el conocimiento de los diferentes niveles de participación de cada uno de los mecanismos que se manifiestan en los diferentes grupos de insecticidas, es de gran utilidad cuando se desea retrazar o evitar la resistencia mediante el uso alterno de insecticidas, esto impide que se cometa el error del uso contínuo de aquellos insecticidas que comparten el mismo mecanismo de desintoxicación.

Los mecanismos de desintoxicación que pueden estar involucrados en la resistencia de los insectos a los insecticidas para su control, de acuerdo a los diferentes grupos toxicológicos que existen, son los que a continuación se describen:

#### Esterasas.

Solo se han detectado dos enzimas de este tipo como responsables de la resistencia en algunos insectos plaga, reconociéndolas como fosfatasas y carboxiesterasas. Al igual que las glutatión-s-transferasas (GHST), las fosfatasas son exclusivas para el grupo de los organofosforados y con frecuencia da origen a productos metabólicos hidrolizados similares a las oxidasas microsómicas de función mixta (OMFM) 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 (Dauterman y Motoyama, 1974). Al respecto Plapp (1976) señala 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.

A su vez, el sistema carboxilestearasa es un mecanismo de resistencia exclusivo de los organofosforados que tienen grupos carboxiléster a los cuales hidroliza, la reacción se localiza a nivel celular en el núcleo, mitocondria y el microsoma (Dauterman y Motoyana 1974 y Motoyana *et al.* 1980).

Rodríguez (1983) menciona a otra estearasa capaz de degradar dietilfosfatos y fósforotioatos a dicha enzima se le conoce como DFP-asa y es estimulada por el manganeso y el cobre, también menciona a la paraoxonasa, enzima soluble que es activada por el manganeso.

Dauterman (1983) señala que la degradación de insecticidas fosforados por hidrolasas es poco común ya que ésta se limita a pocos insectos y pocos insecticidas (paratión metílico, diazinón y malatión).

#### Oxidasas Microsónicas de Función Mixta.

Este sistema enzimático es conocido también como oxidasa de función múltiple, oxidasas microsomal, y juega un papel muy importante tanto en insectos resistentes como en susceptibles, siendo el retículo endoplasmático el organelo celular en donde se asocian las diversas enzimas que constituyen el complejo de oxidasas microsónicas de función

nixta, en el caso de los insectos se localizan en tubos de Malpighi, cuerpo graso y tracto digestivo por lo que es considerado como la primera defensa contra agentes tóxicos lipofílicos de carácter xenobiótico (Lagunes y Rodríguez, 1985).

Wilkinson (1983) indica que la falta de especificidad de las oxidasas microsómicas de función mixta y su incrementada actividad, es notable para la mayoría de las plagas fitófagas, y en especial las que son polífagas, por lo que la resistencia se manifiesta en mayor o menor proporción debida a este mecanismo, principalmente en aquellos estados fenológicos de los insectos en los que requieren de una mayor alimentación, así la actividad del citocromo P-450 da origen a un producto hidrofílico más fácilmente excretable o metabolizados secundarios (atóxicos); mediante dicha actividad, estas oxidasas confieren resistencia a través de reacciones que involucran grupos fundamentales diferentes, entre las que se encuentran la hidroxilación aromática, O-dealquilación, N-dealquilación, desulfuración oxidativa y la epoxidación.

✓ Nakatsugawa *et al.* (1969) asentaron que dentro del grupo de los organofosforados, los que poseen enlace P=S pueden ser desintoxicados por OMFH provocando resistencia a estos productos al activarlos lentamente, o descomponerlos antes de que lleguen al sitio de acción, por su parte Wilkinson (1983) añade que a pesar de que los insecticidas

✓ fosforados y carbanatos poseen similar modo de acción y que en ambos grupos es el principal mecanismo de desintoxicación, los carbanatos son los más afectados por las OMFH, al igual que las piretrinas y los piretroides y en forma variable a algunos clorados. Desde el punto genético, Plapp y Wang (1983) afirman que todos los mecanismos de resistencia de los carbanatos y fosforados son controlados por genes sencillos semidominantes heredados y que confieren altos niveles de desintoxicación, los que pueden ser bloqueados mediante el uso de sinergistas. Indican también que al menos en el caso de la mosca casera, parece ser que únicamente los genes oxidativos inducen resistencia metabólica a carbanatos, por el contrario en los fosforados, los genes oxidativos y los no oxidativos son de igual importancia.

#### Glutation-S-transferasas (GSHT).

Según Dauterman y Motoyana (1974) el grupo enzimático Glutación-S-transferasas (GSHT), es el responsable de la detoxificación de xenobióticos tanto en vertebrados como en invertebrados y probablemente sea el más importante en el metabolismo de desintoxicación de los fosforados por la dealquilación de los insecticidas con radicales dimetílicos unidos al fósforo, lo que origina productos menos tóxicos o más hidrosolubles facilitando su excreción como derivado del ácido mercaptúrico; otros grupos pertenecientes al complejo enzimático GSHT, son el S-aril, S-aralquil, S-alqueno, y S-epóxido transferasa.

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

#### Acetil Colina Insensible.

Hama e Iwata (1972) establecieron la primera evidencia clara de la acetil colina insensible como un mecanismo de resistencia a insecticidas organofosforados tales como: malatión, malaoxón, y paratión metílico, así como algunos carbanatos, especialmente propoxur, aunque indican también que no es el principal mecanismo de resistencia en fosforados. Por su parte Voss (1980) señala la posibilidad de que un cambio estructural en la enzima inhibidora, es la causante de la resistencia por acetil colina insensible y que este mecanismo puede presentarse en lepidópteros y en mosca casera. Por su parte Plapp (1976) al respecto puntualiza, que en cepas resistentes, la acetil colinesterasa modificada manifiesta poca actividad para la hidrólisis de la acetil colina, como consecuencia de la disminución entre la afinidad de la enzima y el inhibidor, asume que este mecanismo de resistencia en carbanatos y

organofosforados está controlado por un solo gene dominante ubicado en el cromosoma II.

Hana (1983) demostró en sus investigaciones por la actividad de la acetilcolina insensible que existen cinco formas distintas de las cuales no necesariamente todas deben ser alteradas para que el individuo presente resistencia. Moores *et al.* (1984) indica que en la mosca casera pueden presentarse al menos cuatro formas distintas de acetilcolina, tres insensibles y una susceptible, siendo necesario el aislamiento de este mecanismo, en estado homocigoto para su caracterización bioquímica .

Penetración reducida.

Vinson y Law (1971), demostraron que la penetración reducida del tóxico a través del integumento del insecto, le confiere a este cierto grado de resistencia al permitir que dicho tóxico esté expuesto por más tiempo a los mecanismos enzimáticos de desintoxicación, por lo que solo dosis subletales llegan al sitio de acción, así mismo la penetración reducida comúnmente interactúa con otros mecanismo de resistencia, lo que permite la manifestación de resistencia cruzada, como es el caso de los clorados en organismos resistentes a diazinón, siendo posible tal hecho en insecticidas, fosforados, carbanatos, piretrinas y principalmente organoclorados, grupos toxicológicos en los que cada vez es más factible que se de el fenómeno de penetración reducida.

Resistencia al derribe (Kdr o "knock down resistant").

Plapp (1976) y Scott y Georghiou (1986) coinciden en que el factor Kdr conocido como sitio de acción insensible, el cual se considera que se presenta con mucha frecuencia en los piretroides y de manera cruzada con el DDT y a clorados ya que comparten el mismo mecanismo de resistencia. Se ha consignado que los genes responsables de esta resistencia a son recesivos y localizados en el cromosoma III y que al parecer son alélicos o al menos muy semejantes.

### Manejo de la Resistencia de Insectos a Insecticidas

Con respecto a la manifestación de la resistencia de un gran número de artrópodos se ha llegado a la conclusión de que está dada por un amplio rango de características biológicas, 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 revelen los factores genéticos y fisiológicos, con base en lo anterior, el manejo integrado de plagas 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. Se deben considerar los siguientes aspectos básicos para manejar adecuadamente las aplicaciones de insecticidas con respecto a las poblaciones

naturales de la plaga.

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

**Manejo por moderación.**

Georghiou (1983) menciona que se logra la existencia de individuos con genes susceptibles en una población, mediante el uso de dosis bajas de insecticidas los cuales representan un grupo valioso, que debe ser conservado, ya que a través de la presión de selección, la frecuencia génica inicial en una población silvestre se vuelve en favor de la resistencia. De esta manera la aplicación de dosis bajas que puedan matar a los individuos SS tales como la



Dosis o menos es más que suficiente para que la población se mantenga; asimismo, la aplicación de insecticidas con umbrales económicos altos también, permite que se lleven a cabo menos aplicaciones, logrando de esta manera la cobertura casi total de la población con una menor presión de selección.

#### Manejo por ataque múltiple

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

#### Manejo por saturación.

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

#### Rotación de insecticidas.

Es uno de los medios más prácticos para tratar con

el 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 tal forma que cuando parece ser que una cantidad apreciable de resistencia a resultado como consecuencia de una sustancia química determinada, esta debe ser reemplazada por otra de diferente grupo toxicológico (Metcalf y Flint, 1981).

El concepto de la rotación de insecticidas como una medida de antiresistencia, supone que los individuos pueden ser resistentes a un insecticida pero susceptibles a otro y que en un momento dado, existe la probabilidad de que se pierda la resistencia si los productos son alternados cuando aún no se logra la homocigosis completa respecto a genes resistentes. De esta forma la rotación de insecticidas consiste en determinar la secuencia lógica para su uso y la etapa en la cual deben hacerse los cambios, considerando aquellos productos que exhiben resistencia cruzada positiva (Crenlyn, 1982).

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

- 1.- Seleccionar insecticidas que no presenten

resistencia cruzada positiva.

2.- No aumentar las dosis y número de aplicaciones de insecticidas, de esta manera se evita el incremento de la presión de selección.

3.- Utilizar mezclas solo cuando el complejo de plagas lo amerite.

4.- Llevar a cabo aplicaciones aisladas con diferentes insecticidas para evitar aplicaciones totales con un mismo insecticida.

5.- No hacer uso excesivo de un solo insecticida durante mucho tiempo, ya que se puede llegar a la homocigosis de genes que confieren resistencia.

6.- Utilizar en lo posible insecticidas poco residuales .

7.- No llevar a cabo aplicaciones por debajo del umbral económico.

8.- Todo control químico debe contemplarse dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo durante los ciclos productivos p/v 1991 y 1992.

El material biológico de la población resistente fue extraído de una parcela comercial de maíz durante el ciclo p/v 1991. El material biológico de la población susceptible fue obtenido de pastos donde se tienen cinco años sin aplicar ninguna clase de insecticida, esto ocurrió durante el ciclo p/v 1992, las dos poblaciones son procedentes del Municipio de Arenal Jalisco.

La investigación se realizó en dos etapas:

La primera fue con el fin de determinar el criterio de muerte y el manejo que deberían recibir las larvas de *Cyclocephala comata* Bates en laboratorio, y la segunda para obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad para la población susceptible y para la población resistente.

Para determinar el criterio de muerte y el manejo que deberían de recibir las larvas de *C. comata* en el laboratorio, se llevaron acabo colectas de material biológico procedente de Arenal, Jalisco, el cual fue

trasladado al Laboratorio del Centro Regional de Identificación y Diagnóstico Fitosanitario (CREDIF-SARH) dependiente de la Delegación Estatal de Sanidad Vegetal, ubicado en la Ciudad de Guadalajara, Jalisco.

Las larvas que se colectaron en campo se colocaban en bolsas negras de polietileno, a las que previamente se les adicionó un extracto de germinado de maíz, mezclado con tierra húmeda para que las larvas tuvieran de que alimentarse y a la vez proporcionarles las condiciones que se asemejaban a su medio natural.

Una vez que se tuvieron las larvas en el laboratorio se formaron cinco pequeños grupos de cinco larvas, las cuales se colocaron en una pequeña maceta con la mezcla de tierra húmeda y germinado de maíz para que tuvieran de que alimentarse. Estos pequeños grupos de larvas de *C. comata* diariamente se vertían macetas y se ponían al descubierto las larvas recibiendo un rayo de luz emitido por el flash de una cámara fotográfica, posteriormente quedaban expuestas a la luz del día durante 10 minutos, (lo cual se consideró un tiempo suficiente para manipular las larvas al momento de llevar acabo los bioensayos). Una vez transcurridos los 10 minutos nuevamente se colocaban en las pequeñas macetas, repitiendo esta operación durante 14 días.

Habiendo determinado el manejo que debiera dárseles a las larvas en el laboratorio se procedió a determinar el

criterio de muerte, lo cual consistió en lo siguiente: a cuatro grupos de 20 larvas cada uno se le aplicaron dosis desde 100 hasta 7,000 ppm de fonofos, utilizando la técnica de aplicación tópica; posteriormente se hicieron pequeños grupos de 10 larvas las que se colocaron en cajas de petri desechables las cuales contenían una mezcla de tierra y germinado de maíz. Se tomaron lecturas a las 12, 24, 36, y 48 horas después de haber aplicado el insecticida para anotar los síntomas que fueron presentando las larvas hasta alcanzar la muerte, cabe mencionar que hubo un grupo de larvas al que no se le aplicó tóxico (testigo) para así tener un punto de comparación, de la evolución que fueron teniendo las larvas a las que se les aplicó el tóxico.

Una vez que se determinó el criterio de muerte se procedió a llevar acabo los bioensayos para así obtener las líneas de respuesta y la DL<sub>50</sub> de la población expuesta a insecticidas, así como también de la no expuesta.

Para poder llevar acabo los bioensayos durante los meses de julio y agosto de 1991 y 1992, se llevaron acabo colectas de larvas de *C. comata* Bates de tercer estadio, las que se trasladaron al laboratorio del CREDIF-SARH en la ciudad de Guadalajara, las cuales se seleccionaron de acuerdo al tamaño y estadio larvario para que fueran lo más homogéneas posibles. Enseguida se pesaron y se hicieron grupos de 10 larvas, las cuales se colocaron en cajas petri desechables con la mezcla de tierra y germinado de maíz. Los

bioensayos se efectuaron el mismo día de la colecta.

Para llevar a cabo los bioensayos se utilizó la técnica de aplicación tópica, la cual consiste en depositar un microlitro de un solvente determinado con una cantidad conocida del tóxico, aplicado en la región dorsal del tórax de la larva utilizando un microaplicador.

Con el fin de proteger a las larvas de la luz solar, las cajas petri se cubrieron con polietileno negro y se guardaron en cajas de cartón.

Los datos de mortalidad se tomaron 24 horas después de haber aplicado las diluciones de insecticidas. Se dió por muerta aquella larva con lesiones severas y que vista al estereoscópico mostrara poca movilidad.

Los insecticidas <sup>s. nombre</sup> en grado técnico y los grupos toxicológicos a los que pertenecen se muestran en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1. Insecticidas en grado técnico utilizados para la obtención de las líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* Bates.**

<b>NOMBRE TECNICO</b>	<b>GRUPO TOXICOLOGICO</b>
Clorpirifos	Fosforado
Diazinón	Fosforado
Fonofos	Fosforado
Isazofos	Fosforado
Prothiofos	Fosforado
Terbufos	Fosforado
Carbofurán	Carbamato
Lindano	Clorado
Teflutrina	Piretroide

En base al porcentaje de pureza de los insecticidas se prepararon las diluciones en partes por millón (ppm), empleando como solvente acetona industrial purificada, las cantidades de material técnico correspondiente para obtener 100 ml de una solución madre con una concentración de 10,000 ppm fueron pesadas en una balanza analítica digital con una capacidad desde 0.0001 hasta 160 grs. A partir de esta solución se prepararon varias diluciones de 10 ml con una concentración menor; para prepararlas diluciones se utilizaron pipetas con capacidad de 1 ml a 10 ml y un matraz de aforar con capacidad de 10 ml.

Cada una de las diluciones fueron depositadas en un



frasco con capacidad de 75 ml color ámbar con tapón metálico de cierre hermético, cubierto con papel aluminio, etiquetando tanto el frasco como el papel aluminio para, posteriormente, mantenerlos refrigerados a temperatura de 10°C cuando no se requería usarlos.

Una vez que se tuvieron las diluciones de cada uno de los insecticidas involucrados en la presente investigación, se llevaron a cabo bioensayos con dosis altas y bajas de los diferentes insecticidas involucrados, para así obtener mortalidades que oscilaran entre el 16 y 84 por ciento. Una vez que se llevaron a cabo los bioensayos preliminares, se procedió a afinar varias dosis para así obtener intervalos de mortalidad más cortos eliminando las dosis que mostraran mortalidades de 0 y 100 por ciento. En todos los casos se tuvo un testigo como referencia al cual solo se le aplicó el solvente.

La aplicación del tóxico se llevó a cabo con un microaplicador de 500 microlitros, con el cual se extraía cada una de las diluciones, empezando por la más baja, para así evitar contaminación con las dosis más altas. Una vez que se cargaba el microaplicador se colocaba en un dosificador para así depositar sobre la larva solo un microlitro ( $\mu$ l) de la dilución.

Posteriormente, en cajas petri con una mezcla de tierra y germinado de maíz, se colocaron 10 larvas

previamente pesadas y seleccionadas, de tal forma que fueran lo más homogéneas posible.

Una vez preparado el material biológico se llevaron a cabo los bioensayos, aplicando, a 20 larvas de *C.comata* un  $\mu$ l de cada una de las diluciones de los diferentes insecticidas utilizados en la presente investigación, incluyendo un testigo al que se le aplicó un  $\mu$ l del solvente en cuestión.

Posteriormente las cajas petri se taparon y se colocaron en bolsas de polietileno negro para protegerlas de la luz del día. A las 24 horas se procedió a tomar los datos de mortalidad, de acuerdo al criterio de muerte previamente determinado.

Así, los bioensayos para determinar la línea de repuesta dosis-mortalidad, tanto de la población susceptible como de la resistente, constaron de un número variable de dosis dependiendo de la susceptibilidad del insecto.

Los datos de mortalidad obtenidos fueron corregidos mediante la fórmula de Abbott (1925), en los casos que presentaron mortalidad los testigos, y su análisis se basó en el método de análisis probit de máxima verosimilitud propuesto por Finney, 1971, aunque para correr el análisis estadístico se utilizó el programa de computadora "Análisis Probit" Versión 1.0 (Camacho, 1991), con el cual se

obtuvieron las ecuaciones de predicción, las dosis de 1 al 99 por ciento de mortalidad y sus límites fiduciales con una probabilidad del 95 por ciento.

Posteriormente, se llevaron acabo las pruebas de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) para obtener la bondad de ajuste con los valores obtenidos, lo que nos permitió inferir sobre el verdadero estado de susceptibilidad de las poblaciones en cuestión, así como también verificar si el modelo matemático que se utilizó fue el adecuado.

También se obtuvieron los coeficientes de correlación, ( $r^2$ ) para determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos en laboratorio tanto de la población expuesta como de la no expuesta.

Finalmente los resultados obtenidos de los bioensayos de las dos poblaciones, tanto la expuesta como la no expuesta, fueron representados gráficamente en escala logarítmica y valores probit, con lo que se obtuvieron las líneas de respuesta dosis-mortalidad correspondientes a cada población, cuya pendiente y posición permitió inferir sobre el estado de susceptibilidad de cada una de las poblaciones en cuestión, así como también nos permitió calcular la proporción de resistencia utilizando la siguiente fórmula:

$$PR = \frac{DL_{50} \text{ población expuesta a insecticidas}}{DL_{50} \text{ población susceptible}}$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con el objeto de poder establecer una secuencia lógica que permita entender de la manera más clara los resultados de la presente investigación, se describe a continuación la sintomatología que presentaron las larvas de *C. conata* Bates, mediante la cual se estableció el criterio de muerte a las 24 horas de aplicados los insecticidas. Se observaron los siguientes síntomas:

1. Pérdida de movilidad de la larva a las tres horas de aplicado el tóxico.
2. Después de seis horas de aplicado el insecticida la larva perdió la forma de "C" y tomo una coloración amarillo hialino.
3. A las 12 horas la larva había perdido turgencia y movimiento, tomando un color amarillo más intenso.
4. A las 24 horas el movimiento de la larva era casi nulo, se tornó flácida y de color café claro.
5. A las 48 horas la larva alcanzó la muerte y se tornó de color oscuro, tendiendo a negro y se desintegraba con facilidad en el medio que se encontraba (suelo con germinado de maíz).

El criterio que se tomó fue el de la sintomatología que se presentó a las 24 horas, ya que ninguna de las larvas tuvo la capacidad de poder revertir los efectos de los insecticidas, alcanzando la muerte a las 48 horas de aplicados los tratamientos.

A continuación se discutirán los resultados obtenidos de los bioensayos efectuados, discutiéndolos de lo general a lo particular, tomando en cuenta los resultados de la población expuesta y no expuesta al control químico.

La obtención de las ecuaciones de regresión dosis-mortalidad y los valores correspondientes a las dosis letal media (DL<sub>50</sub>) y dosis letal 95 (DL<sub>95</sub>) reportados en el presente estudio, para la población de *C. conata* expuesta a control químico en maíz, se muestran en el Cuadro 4.1., donde la población de *C. conata* expuesta a control químico muestra diferencias en las DL<sub>50</sub> de los insecticidas de los diferentes grupos toxicológicos y, de acuerdo a los límites fiduciales, se observa que al nivel de las dosis letales medias de los tratamientos, clorpirifos, diazinon, isazofos, prothiofos, terbufos, carbofurán y lindano, al tocarse sus límites fiduciales, estadísticamente son iguales, considerándose como un solo grupo, aunque hay que mencionar que los cuatro primeros tratamientos pertenecen al mismo grupo toxicológico (fosforados), y considerando que el modo de acción es el mismo, sería lógico pensar que la respuesta del insecto sería similar para todos los insecticidas del

nismo grupo toxicológico. Hay que mencionar también que el insecticida carbofurán pertenece al grupo de los carbanatos, por lo que se considera que la respuesta del insecto a este producto fue muy parecida a la de el grupo de los fosforados por ser su modo de acción similar a estos.

Para el caso de lindano que es un insecticida clorado, se considera que es estadísticamente igual a los anteriores ya que su dosis letal media es muy parecida. Hay que aclarar que este producto tiene por lo menos cinco años que no se usa en la región, y que en los años sesentas, los insecticidas clorados se usaron masivamente incluyendo al lindano. De acuerdo a la respuesta de *C. comata* a lindano, es posible que la población esté regresando a niveles de susceptibilidad más bajos para este tipo de productos.

El insecticida fonofos presentó DL<sub>50</sub> más alta y diferente a los demás insecticidas fosforados, carbanatos, clorados y piretroides, y posiblemente esta diferencia se deba a que en los últimos 10 años se ha venido usando masivamente para controlar *C. comata*, por lo que se sospecha que el insecto ha desarrollado ciertos mecanismos de resistencia que le permitan detoxificar la molécula de fonofos haciéndola cada vez menos efectiva para el control de esta plaga del suelo.

Cuadro.4.1.Dosis letales y límites fiduciales de diferentes insecticidas en larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* de poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

TRATAMIENTO	DL <sub>50</sub> *	Límite Fiducial 95 %	*DL <sub>95</sub>
Clorpirifos	11.44	(10.21-12.85)	65.61
Diazinón	12.22	(11.10-13.40)	54.60
Fonofos	20.26	(18.52-22.36)	90.20
Isazofos	10.17	(9.35-11.00)	31.46
Prothiofos	10.21	(8.68-11.72)	115.08
Terbufos	9.82	(8.43-11.18)	90.45
Carbofurán	10.31	(9.23-11.56)	83.10
Lindano	14.24	(13.21-15.26)	43.20
Teflutrina	4.20	(3.87-4.52)	12.82

\* Valores expresados en  $\mu\text{g}/\text{gr}$  de peso vivo.

Con lo que respecta al insecticida piretroide teflutrina, se puede observar que la DL<sub>50</sub> es la más baja y se considera que estadísticamente es diferente a los demás tratamientos. Esto posiblemente porque es una molécula que se encuentra en fase experimental, por lo que la población de *C. comata* no ha estado expuesta a este piretroide.

Respecto a las DL<sub>95</sub> los insecticidas que requirieron las dosis mas altas fueron los siguientes: Prothiofos (115.08  $\mu\text{g}/\text{gr}$ ) seguido por terbufos y fonofos con 90.20 y 90.45  $\mu\text{g}/\text{gr}$  respectivamente, siendo estos tratamientos los que tienen el rango de mortalidad más alto (Cuadro 4.1).

Los resultados de el análisis estadístico de los datos obtenidos en los bioensayos efectuados con la población no expuesta a control químico de *C. conata*, se muestran en el Cuadro 4.2, se puede observar que la respuesta del insecto a diazinón, fonofos, protiofos, terbufos y lindano, requirieron las dosis más altas, y de acuerdo a los límites fiduciales se considera que son iguales aunque sus DL<sub>50</sub> varíen de 2.50 a 5.46  $\mu\text{g}/\text{gr}$ . Es posible que esta reacción de *C. conata* se deba a que estos insecticidas se han venido usando en los últimos años, además de que la población no ha sido expuesta a tratamiento químico en los últimos cinco años y al no tener presión de selección, la población retornó en buena medida a la susceptibilidad.

Hay que hacer notar que la respuesta de la población de *C. conata* no expuesta a control químico, fue muy diferente a la de la población expuesta a control químico, (Cuadro 4.1 y 4.2) ya que para el caso de clorpirifos y carbofurán la respuesta fue muy parecida y las dosis requeridas para las DL<sub>50</sub>, fueron mucho menores, por lo que existe la posibilidad de que *C. conata* tenga una capacidad mayor para perder la resistencia a estos productos, y que a la fecha son los productos que mejor control de campo presentan como se citó en el Cuadro 2.1.



**Cuadro.4.2. Dosis letales y límites fiduciales de diferentes insecticidas en larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* de poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.**

TRATAMIENTO	DL <sub>50</sub> *	Límite Fiducial 95 %*	DL <sub>95</sub>
Clorpirifos	1.88	(1.66-2.14)	15.65
Diazinón	5.46	(4.92-6.06)	24.94
Fonofos	5.08	(4.69-5.49)	20.28
Isazofos	0.93	(0.83-1.05)	5.37
Prothiofos	2.95	(2.63-3.30)	17.65
Terbufos	3.46	(3.13-3.79)	12.30
Carbofurán	1.74	(1.44-2.11)	37.07
Lindano	2.50	(2.27-2.75)	10.37
Teflutrina	0.51	(0.44-0.58)	4.97

\* Valores expresados en  $\mu\text{g}/\text{Gr}$  de peso vivo.

Con respecto al último grupo, se consideran estadísticamente iguales a los insecticidas isazofos (fosforado) y teflutrina (piretroide), con dosis letales medias muy parecidas y a la vez muy pequeñas, (Cuadro 4.2), se cree se deba a que la población tiene cinco años sin aplicación de insecticida alguno, además de que estos productos, como es el caso de isazofos, apareció en el mercado hace tres años, y teflutrina está en fase experimental. De esta manera se justifican los resultados estadísticos, al ser la primera vez que se pone en contacto a la población de *C. comata* con estos tóxicos nuevos, lo que para el insecto significa ser aún más susceptible a

estos insecticidas a los que posiblemente no ha desarrollado ningún mecanismo de detoxificación.

Con respecto a las DL<sub>50</sub>s, se pueden observar grandes diferencias en lo que a la población expuesta a control químico se refiere, ya que para el caso de la población de *C. conata* que no ha estado expuesta a control químico se observa que el producto carbofurán requirió de la dosis más elevada para obtener el 95 por ciento de mortalidad con 37.07 µg/gr como se puede observar en el Cuadro 4.2, mientras que para la población expuesta el producto prothiofos fue el que requirió mayor dosis (115.08 µg/gr) para obtener el mismo nivel de mortalidad (Cuadro 4.1).

Los valores con los que se obtuvieron las líneas de regresión dosis-mortalidad y los valores correspondientes a la DL<sub>50</sub> y DL<sub>05</sub> reportados la presente investigación, se pueden observar en los Cuadros 4.3 para la población expuesta a control químico, y en el Cuadro 4.1 para la población no expuesta.

En cuanto a los coeficientes de correlación ( $r^2$ ), se observa que en general los valores estimados presentan valores muy altos que llegan a ser mayores a 0.95 y los más bajos nunca abajo de 0.90, lo que implica que los resultados de los bioensayos presentan un excelente ajuste para tender a una línea perfecta por lo que se tiene alta confiabilidad de los estudios de laboratorio para explicar la resistencia

y/o susceptibilidad de las poblaciones de *C. comata*.

De acuerdo con las pruebas de bondad de ajuste de chi cuadrada ( $X^2$ ) tanto para la población expuesta (Cuadro 4.3) y la no expuesta (Cuadro 4.4), expresaron valores muy bajos, lo que indica que se tiene un 99 por ciento de confianza, en la respuesta de las poblaciones de *C. comata* en los bioensayos. Esto significa que de cada 100 veces que se repita el experimento, se tiene la seguridad de que 99 veces se van a repetir los resultados obtenidos por primera vez. Esto a su vez es debido a que el alto número de dosis evaluadas de cada producto y que en general los grados de libertad oscilan entre cinco y ocho.

Cuadro 4.3. Coeficientes de determinación y Chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* de poblaciones expuestas a control químico en maíz. Arenal, Jalisco.

TRATAMIENTO	$r^2$	$X^2$	G.L.	P
Clorpirifos	0.95	0.0585	5	0.99
Diazinón	0.97	0.1171	6	0.99
Fonofos	0.93	0.0860	6	0.99
Isazofos	0.96	0.0750	6	0.99
Prothiofos	0.91	0.1268	7	0.99
Terbufos	0.91	0.1178	7	0.99
Carbofurán	0.95	0.1003	8	0.99
Lindano	0.97	0.0568	6	0.99
Teflutrina	0.96	0.0987	6	0.99

**Cuadro 4.4. Coeficientes de determinación y Chi cuadrada de las líneas de regresión dosis-mortalidad estimadas de diferentes insecticidas de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* de poblaciones expuestas a control químico en maíz. Arenal, Jalisco.**

TRATAMIENTO	$r^2$	$X^2$	G.L.	P
Clorpirifos	0.93	0.4020	7	0.99
Diazinón	0.98	0.0363	5	0.99
Fonofos	0.98	0.3119	8	0.99
Isazofos	0.98	0.0805	6	0.99
Prothiofos	0.96	0.1026	7	0.99
Terbufos	0.97	0.0845	5	0.99
Carbofurán	0.97	0.4217	6	0.99
Lindano	0.98	0.1108	6	0.99
Teflutrina	0.90	0.7377	8	0.99

De acuerdo con los resultados obtenidos de la población de *C. comata* expuesta y no expuesta a control químico y, basándonos en las DL<sub>50</sub> de las dos poblaciones, se calculó la proporción de resistencia que ha desarrollado *C. comata* para cada uno de los insecticidas en cuestión. En el Cuadro 4.5 se hace notar que *C. comata* mostró resistencia a los diferentes insecticidas involucrados en la presente investigación.

**Cuadro 4.5. Proporción de resistencia de poblaciones de larvas de 3er. estadio de *Cyclocephala comata* expuestas y no expuestas a control químico en en maíz. Arenal, Jalisco.**

TRATAMIENTO	DL <sub>50</sub> (R)	DL <sub>50</sub> (S)	PROPORCION DE RESISTENCIA
Clorpirifos	11.44	1.88	6.0
Diazinón	12.22	5.46	2.2
Fonofos	20.26	5.08	3.9
Isazofos	10.17	0.93	10.8
Prothiofos	10.21	2.95	3.4
Terbufos	9.82	3.46	2.8
Carbofurán	10.31	1.74	5.8
Lindano	14.24	2.50	5.6
Teflutrina	4.20	0.51	8.1

Los insecticidas a los que la población de *C. comata* ha desarrollado mayor grado de resistencia en orden de importancia son: isazofos (fosforado) con 10.84x teflutrina (piretroide) con 8.17x. Estos resultados podrían ser contradictorios, ya que son productos, en el caso de el primero que solo tiene tres años en el mercado y para el caso de teflutrina que está en fase experimental todavía, sería lógico pensar que estos insecticidas no tuvieran ningún problema de resistencia, ya que por no tener mucho tiempo de usarse, la selección de la población sería más lenta, pero aquí cabe la posibilidad de que la población de *C. comata* hubiera podido desarrollar resistencia cruzada hacia estos productos, que aún sin haber estado en contacto

con el insecto, presente mecanismos de detoxificación hacia este fosforado, por ser el grupo toxicológico que en los últimos años se ha estado usando intensamente; y, para el caso de la teflutrina, por haberse usado indiscriminadamente y por muchos años los clorados, productos en los que se reporta desarrollo de resistencia en plagas del suelo, los que manifiestan un similar modo de acción a los piretroides y por lo tanto, existe la posibilidad de que la población tenga implícitos los genes de resistencia hacia los piretroides. Hay que mencionar que para el caso de isazofos y teflutrina si no se usan en un programa de manejo integrado de plagas, existe la posibilidad de que la vida útil de estos materiales se vea limitada en los próximos tres años por la alta proporción de resistencia que ha venido desarrollando el insecto hacia estos materiales en los últimos años.

Como se puede observar en el Cuadro 4.5, hay un grupo de insecticidas para los cuales *C. conata* mostró una resistencia moderada como es el caso de los siguientes productos: clorpirifos (fosforado) 6.06 veces, carbofurán (carbamato) 5.89 veces y lindano (clorado) 5.68 veces. Hay que mencionar que clorpirifos y carbofurán son los insecticidas, que en la actualidad presentan control aceptable (85 por ciento de eficiencia) de plagas de suelo. Hay que señalar también, que son insecticidas que aproximadamente tienen en el mercado 10 años, lo cual nos da una idea del por qué la población de *C. conata* ha venido

desarrollando resistencia a través de los años, lo cual indica que si no se hace un manejo adecuado de los insecticidas que actualmente se encuentran en el mercado, existe la posibilidad de que en cinco años más se pueda desarrollar una resistencia más marcada, por haber en el mercado solo insecticidas fosforados y carbanatos, cuyo modo de acción es muy parecido ya que actúan en el mismo sitio fisiológico, lo que dificulta hacer una rotación de grupos toxicológicos para manejar de una manera adecuada la resistencia, que presenta *C. comata* a los insecticidas utilizados para su control. Por lo que se deben incluir otras medidas de combate que permita un manejo integrado de estas plagas.

También se puede observar claramente que hay un grupo de insecticidas a los que *C. comata* ha desarrollado una resistencia mínima como es el caso de: fonofos 3.98 veces, prothiofos 3.45 veces, terbufos 2.83 veces y diazinón con 2.23 veces, todos estos insecticidas pertenecen al grupo toxicológico de los fosforados, y es probable que la poca resistencia que ha desarrollado *C. comata* hacia estos productos se deba a que algunos no se han usado año con año y que son de los productos considerados "nuevos", los cuales no tienen uso intensivo en los campos sembrados de maíz que tienen problemas de plagas de suelo, por lo que representan una buena opción para poder tener un manejo adecuado de la resistencia, que no agraven este problema que hasta el momento ha presentado *C. comata* a los diferentes

insecticidas involucrados en la presente investigación.

En el Cuadro 4.5 también se puede observar, cómo es que después de cinco generaciones sin estar expuesta a control químico, vuelve la población rápidamente a la susceptibilidad como es el caso de isazofos, carbofurán y teflutrina, de esta manera se explica por qué los agricultores cuando tienen problemas serios de plagas de suelo, hacen una rotación de cultivo introduciendo *Agave tequilana*, el cual no requiere de aplicación de insecticida debido a su rusticidad, lo que permite que las poblaciones de plagas de suelo estén por lo menos siete años sin ninguna presión de selección lo que hace que nuevamente se de una recombinación del mosaico genético, y que a la vez se restablezcan los genes de susceptibilidad, para que la población después de varias generaciones, pierda el carácter de resistencia que había mostrado al haber sido sometida durante varios años a la presión de selección ejercida por los insecticidas utilizados para su control, por lo que se da la posibilidad que después de haber cultivado agave, nuevamente se pueda sembrar maíz y de estamanera, mediante un manejo adecuado de el cultivo llevar a cabo aplicaciones de insecticidas de los diferentes grupos toxicológicos que hay en el mercado, y de esta forma hacer un manejo integrado de plagas de suelo para evitar que nuevamente se presente el carácter de resistencia en *C. conata*.

En general se observa que los niveles más bajos de



insecticida para obtener el DL<sub>50</sub> se logran con teflutrina, isazofos, carbofuran y clorpirifos, lo que indica que estos productos aunque se han utilizado constantemente por varios años vuelven a estar vigentes para usarse en el combate de plagas del suelo cuando se ha alternado con el *A. tequilana*. Esto a su vez explica el que investigadores en diversos años y en diversos cultivos y en diversas áreas de Jalisco reporten resultados variados con los insecticidas antes citados encontrando a veces excelentes resultados y en otras ocasiones datos por demás pésimos.

A continuación se muestran en la Figura 4.1 las líneas de regresión dosis-mortalidad de larvas de 3er. estadio sometidas a control químico en maíz, donde se puede hacer notar que al nivel de dosis letal media los productos clorpirifos, diazinón, isazofos, prothiofos, terbufos y carbofurán presentan mas o menos la misma posición en sus líneas de regresión, siendo sus DL<sub>50</sub> muy similares. Hay que hacer notar que el insecticida carbofurán es el que muestra el mayor rango de mortalidad por tener una pendiente menos pronunciada ya que al nivel de DL<sub>50</sub> las diferencias si se pueden observar más claramente, por otro lado los productos que tuvieron una respuesta diferente a los anteriores son: fonofos, lindano, teflutrina, ya que el que requirió de dosis mayores fue fonofos, lo que indica que la población esta mucho más seleccionada y eso se puede observar claramente por la posición que guarda la pendiente de la recta ya que tiende a ser vertical. Lo mismo ocurre con

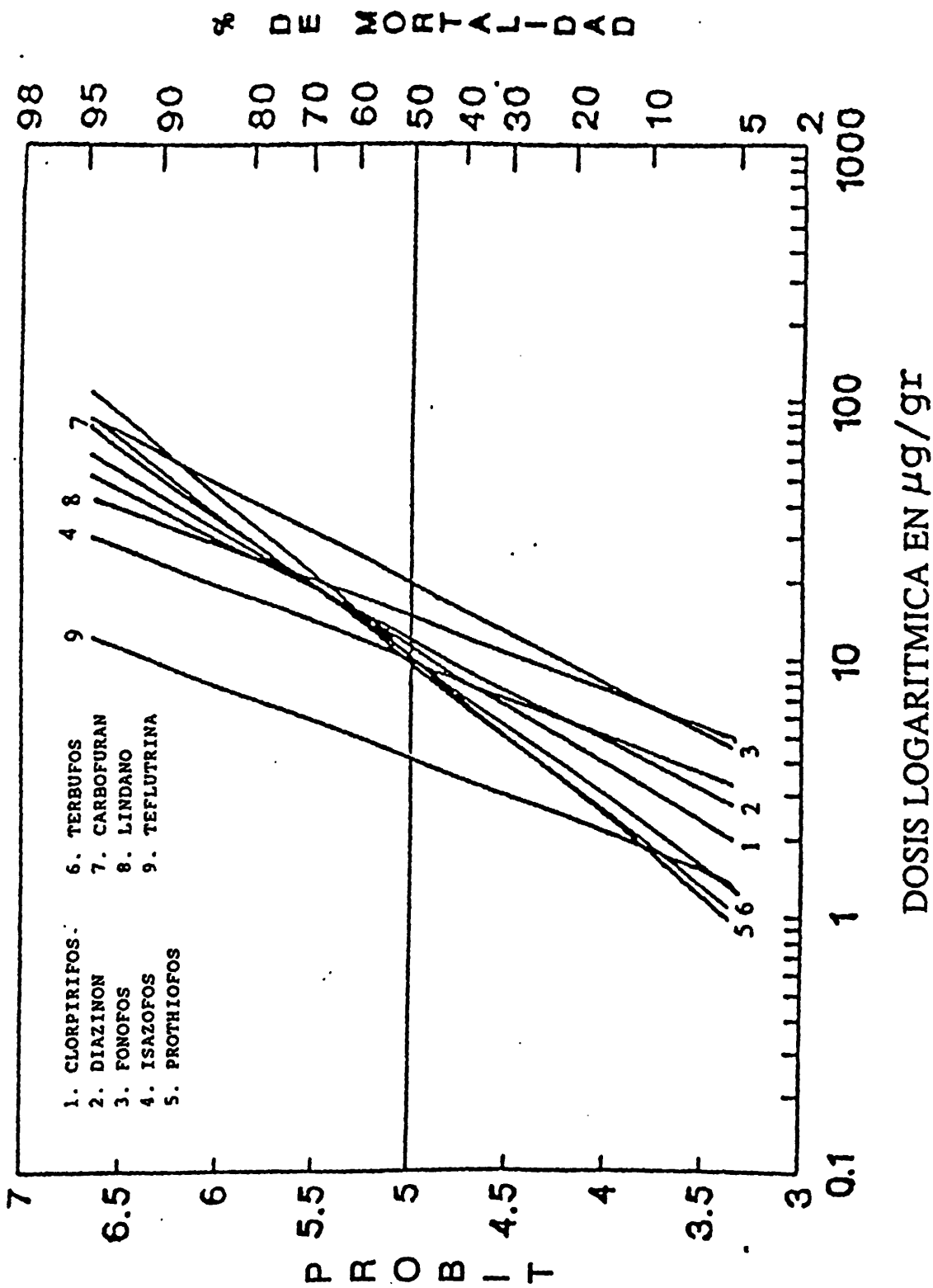


Figura 4.1. Líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de 3er. estadio de *Cyclocephala comata* a diferentes insecticidas en poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

teflutrina y lindano ya que sus líneas son casi paralelas, lo que se puede hacer notar es que al parecer la resistencia hacia el lindano se ha venido perdiendo por el hecho de que es un producto que no se ha utilizado en los últimos años, porque en los años setentas se utilizó junto con otros productos en forma extensiva y como se puede observar la línea de regresión tiende a volver al origen, para el caso de teflutrina que guarda una posición muy parecida a lindano pero aún más cerca del origen, se cree que esto se deba a que los dos productos comparten el mismo modo de acción por lo que aunque nunca la población había estado en contacto con el piretroide, y la cercanía al origen se debe sin duda a la mayor potencia insecticida del producto ya que en términos generales los piretroides son productos que alcanzan altos niveles de mortalidad con dosis más bajas.

En la Figura 4.2. se muestran las líneas de regresión de la población *C. conata* que no ha sido expuesta a control químico durante los últimos cinco años, donde se puede observar que la respuesta que tuvo el insecto a los diferentes insecticidas fue muy diferente en todos los casos, ya que posiblemente la población esté volviendo a la susceptibilidad por tener un período de tiempo sin la presión de selección ejercida por los plaguicidas, se puede observar que carbofurán fue el que presentó el rango de mortalidad más amplio, lo que muestra mayor heterocigosis en la población.

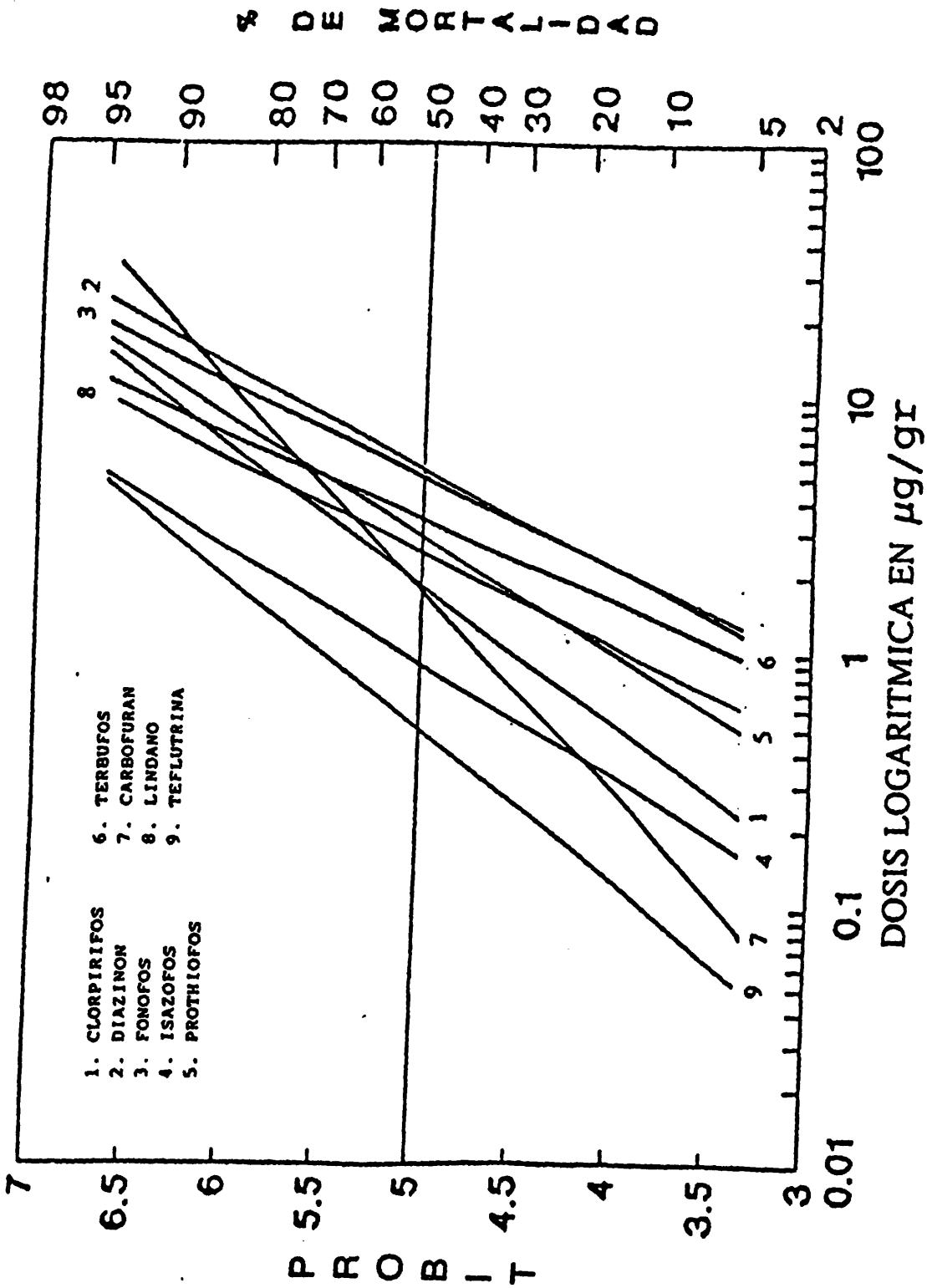


Figura 4.2. Líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de 3er. estadio de *Cyclocephala comata* a diferentes insecticidas en poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

A continuación se hará una discusión sobre el estado de homocigosis y heterocigosis de la población al observar la posición que guarda la pendiente de la respuesta de la población expuesta y no expuesta a control químico y al tener los límites fiduciales presentes en dichas gráficas, lo que nos dará un indicativo de que la diferencia en posición y pendiente de las líneas de regresión ahí mostradas será significativo para aquellas que no presenten traslape en las dosis que las originaron.

En la Figura 4.3 se observan las líneas de regresión obtenidas del análisis estadístico así como los límites fiduciales para la respuesta de la población expuesta y no expuesta a clorpirifos, donde se puede observar que la respuesta genética es más homogénea para el caso de la población expuesta a control químico, (pendiente 2.16) con respecto a la población no expuesta (pendiente 1.78) esto debido a que la selección de los individuos ha sido a causa de la eliminación de los más susceptibles y en función de que los límites fiduciales en ningún momento se tocan; esto hace que las líneas ahí presentadas sean significativamente diferentes.

En la Figura 4.4 se puede observar que después de cinco años sin la aplicación de insecticidas, la población de *C. comata* sigue siendo muy homocigótica como se puede ver en la pendiente que presenta la población tratada con diazinón, tanto en la expuesta como en la no expuesta, se

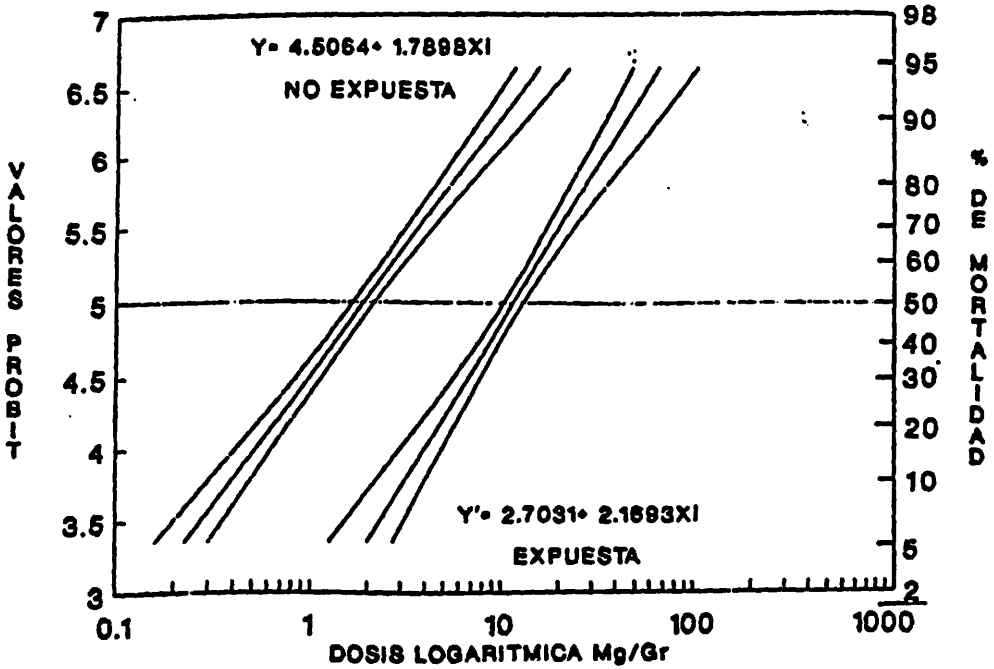


Figura 4.3 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a clorpirifos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

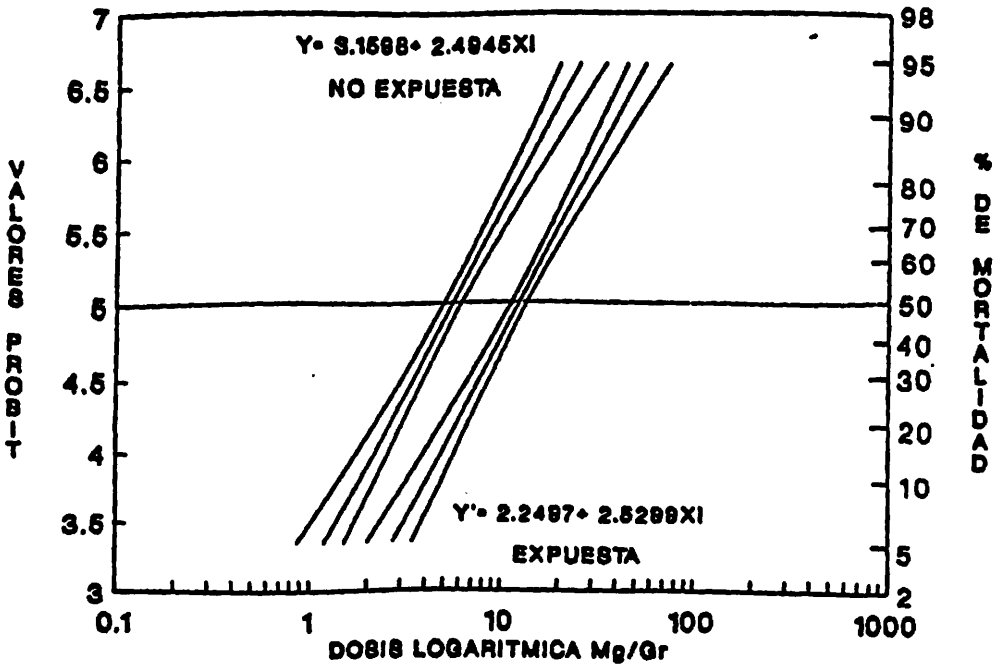


Figura 4.4 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a diazinón en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

puede observar que la respuesta es muy similar como se observa en la figura y en las ecuaciones de regresión, en donde sus pendientes son muy parecidas (2.49 y 2.52), lo que significa que la capacidad de la población para poder volver a la susceptibilidad es más lenta, pero que al no tocarse los límites fiduciales, esta respuesta se considera para ambas poblaciones diferente. Lo mismo ocurrió con los insecticidas fonofos e isazofos, como se puede notar en las (Figuras 4.5 y 4.6 respectivamente), donde se observa que las poblaciones que han estado sometidas a control químico durante varios años, son más homocigóticas y tienden a la resistencia; esto debido posiblemente a que al haber una presión de selección, los individuos susceptibles cada vez son menos. Hay que recalcar que para el caso de la población no expuesta a fonofos, se puede observar que al no tener ninguna presión de selección esta después de cinco generaciones se vuelve más heterocigótica, aunque no tan marcado como es el caso de la población no expuesta a isazofos, ya que mostró un grado de susceptibilidad muy alto, al solo requerir de  $0.93 \mu\text{g}/\text{Gr}$  para obtener su DL<sub>50</sub>. Esta respuesta posiblemente se deba a que el producto tiene en el mercado tres años, y las larvas de *C. comata* nunca habían estado expuestas a este tóxico, aunque existe la posibilidad de que la población hubiera podido desarrollar resistencia cruzada al estar sometida durante muchos años a insecticidas clorados, fosforados y carbanatos, por lo que es posible que la resistencia se hubiera generado para los fosforados que presentan el mismo modo de acción y actúan

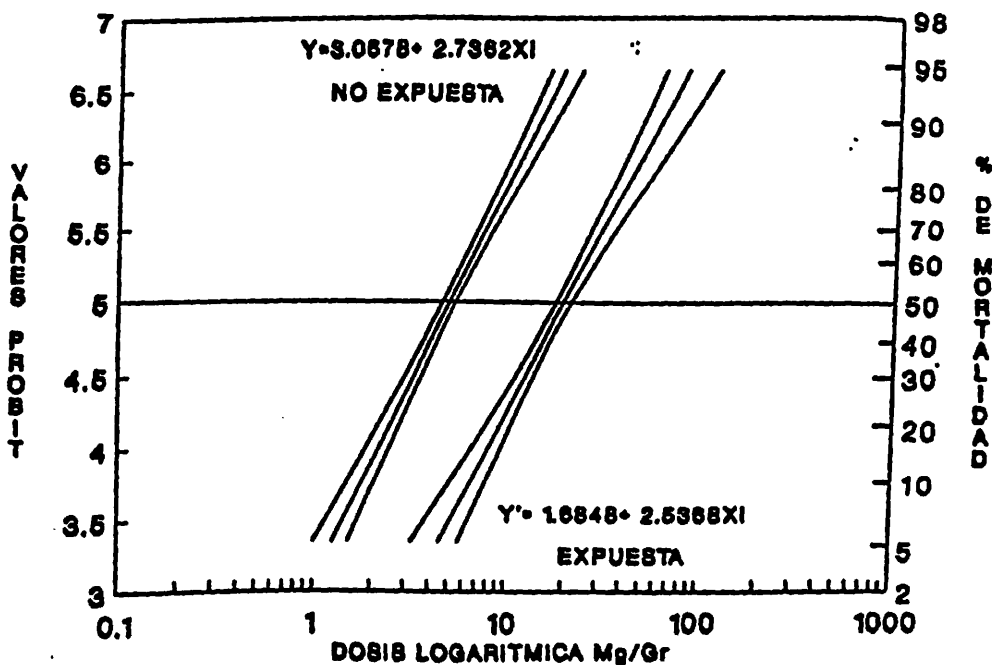


Figura 4.5 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a fonofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

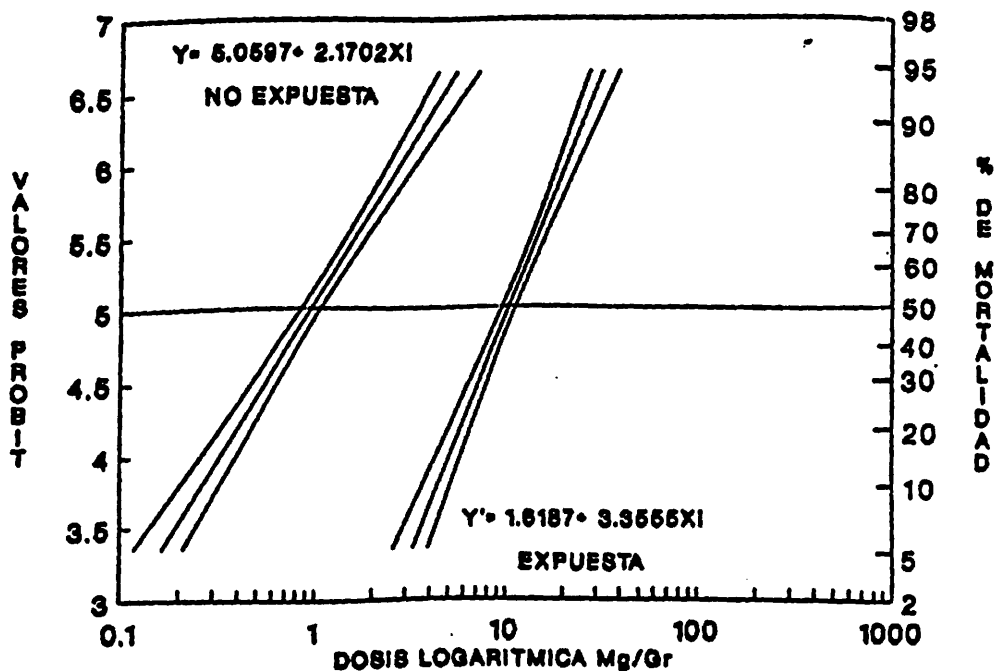


Figura 4.6 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a isazofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.



sobre el mismo sitio fisiológico. A diferencia de lo anterior, a los insecticidas prothiofos y terbufos (Figuras 4.7 y 4.8 respectivamente), la población expuesta de *C. comata* respondió de manera idéntica con pendientes de 1.58 y 1.70 respectivamente y se puede observar que los límites fiduciales se traslapan al nivel del 10 por ciento de mortalidad, lo que significa que a este nivel las poblaciones son iguales.

Para el caso de carbofurán, como se puede observar en la Figura 4.9, la pendiente de las líneas de regresión es muy pronunciada lo que indica que aunque la población expuesta es más resistente que la no expuesta, estas poblaciones son, desde el punto de vista genético, muy heterogéneas y que al nivel de  $DL_{50}$  se considera que no hay diferencias entre las dos poblaciones. En tanto que al nivel de mayor susceptibilidad no se da esta igualdad, esto debido a que los individuos susceptibles que al aparearse con organismos resistentes, al dejar de haber presión de selección se da una recombinación del mosaico genético de la población y permite por ende que siga incrementándose la susceptibilidad, lo que explica por que las líneas de regresión tienen esa tendencia y que sus rangos de mortalidad sean muy amplios. En el caso de lindano esto no ocurre como se observa en la Figura 4.10, donde la población expuesta y no expuesta son altamente homocigóticas, ya que sus pendientes tienden a la verticalidad, esto posiblemente se deba a que en los años sesentas, setentas, incluso hasta

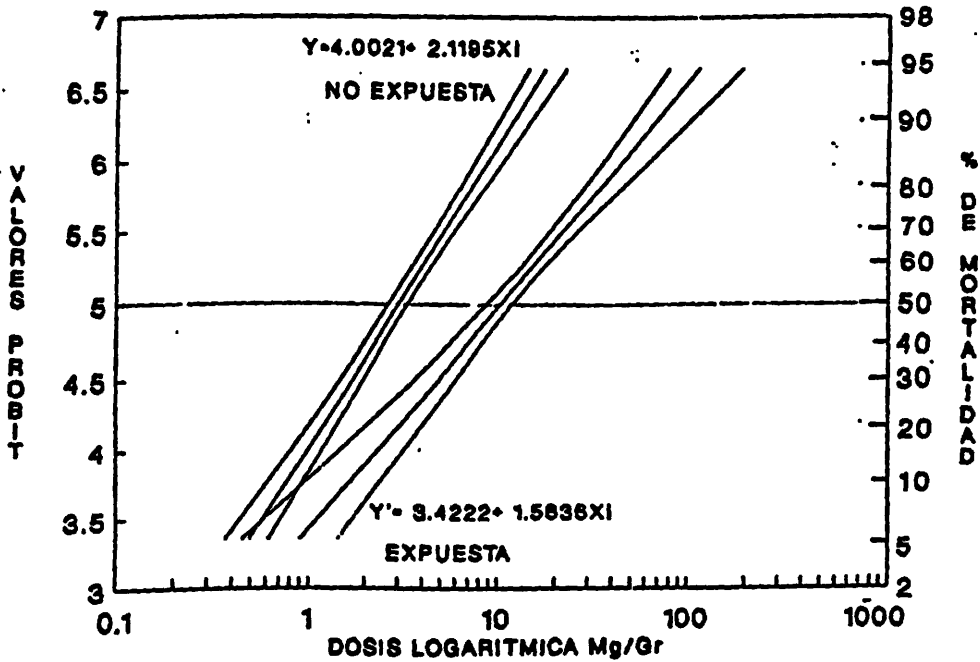


Figura 4.7. Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a prothiofos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

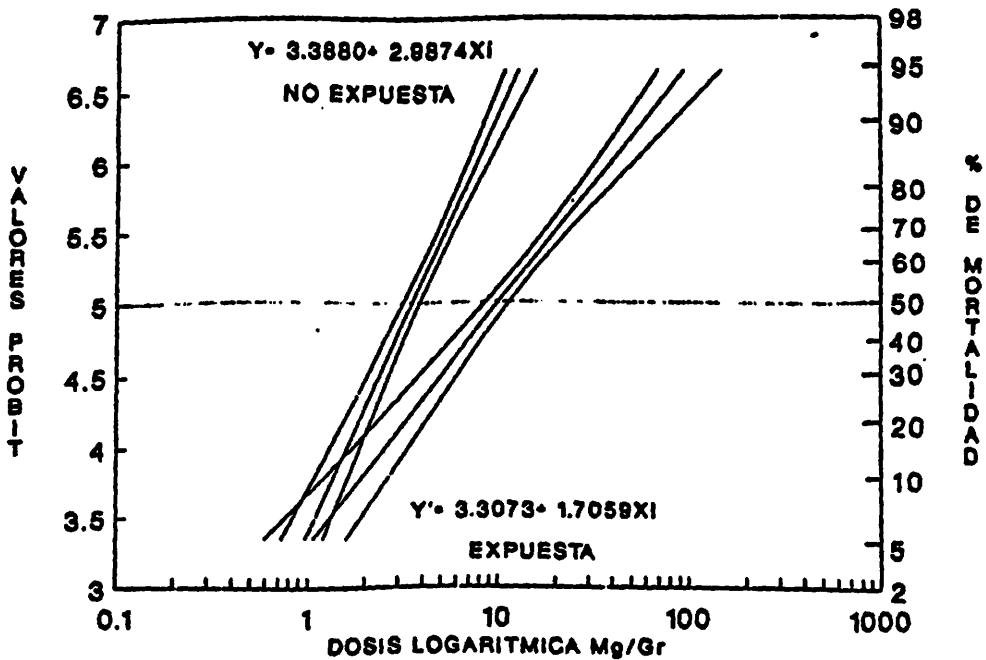


Figura 4.8. Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a terbufos en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

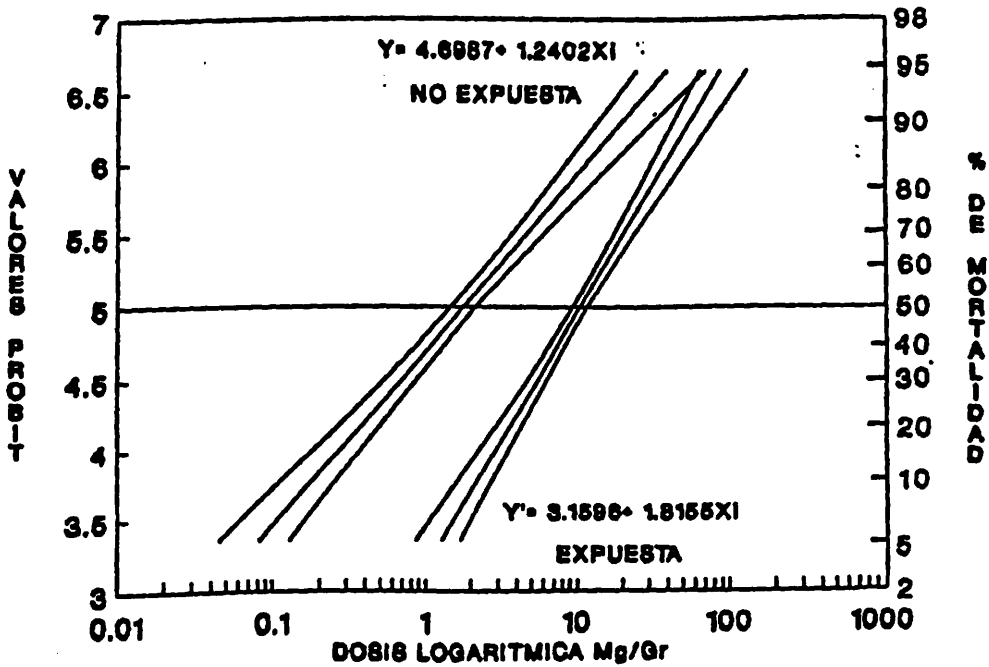


Figura 4.9 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a carbofurán en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

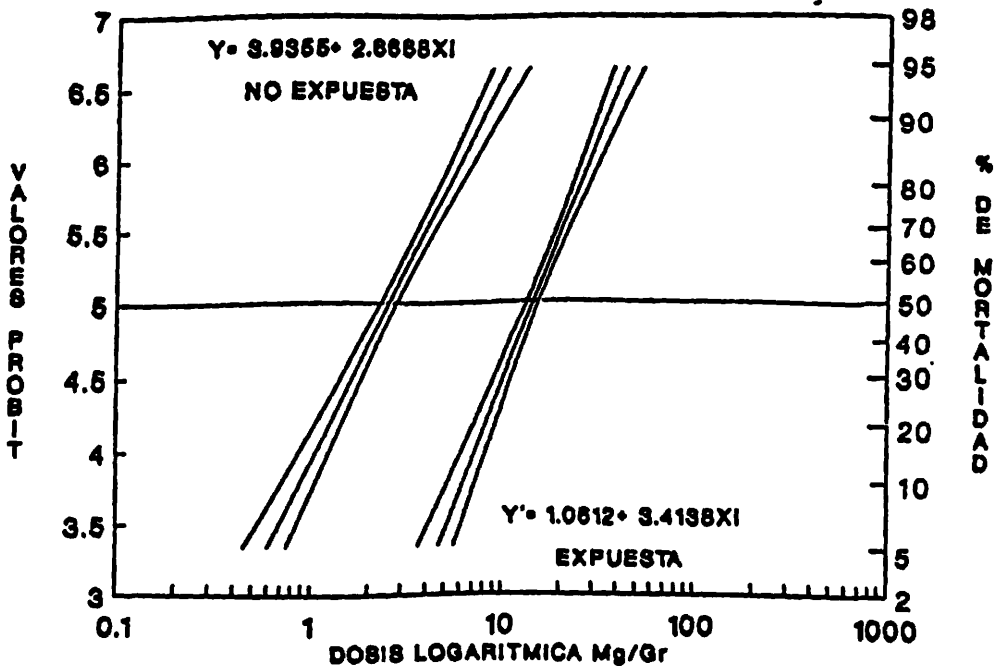


Figura 4.10 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a lindano en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

los ochentas, de una manera ilegal se siguieron utilizando, es por esto que la población fue seleccionada fuertemente, lo que posiblemente ocasionó que se desarrollara una resistencia más marcada a este grupo toxicológico, y como se puede ver en la gráfica, las dos líneas tienden a la homocigocidad y su rango de mortalidad es muy reducido, por lo que posiblemente la población de *C. conata* ha desarrollado resistencia cruzada a piretroides, como en el caso de teflutrina, (Figura 4.11), donde se observa que la pendiente de la población expuesta a control químico tiende a la homocigosis por presentar un rango de mortalidad reducido; y por haber diferencias significativas con respecto a la población no expuesta, por lo que posiblemente, la población expuesta trae implícito en su código genético el carácter de resistencia que desarrolló por el uso excesivo de los clorados, y que por compartir un modo de acción similar, tanto los clorados como los piretroides, la población manifiesta resistencia a estos productos con los que nunca ha estado en contacto como es el caso de teflutrina.

En base a la interpretación estadística de los resultados obtenidos en el laboratorio al realizar los bioensayos, se puede observar que la población de *C. conata* ha desarrollado cierto grado de resistencia sobre todo para izasofos y teflutrina, que son los insecticidas que escasamente han estado en contacto con el insecto por tener poco tiempo en el mercado, como es el caso de izasofos (tres

años) y teflutrina, que está en fase experimental todavía, y no debió presentar ese grado de resistencia. Cabe señalar que si observamos el Cuadro 2.1 la población en los últimos 10 años ha estado sometida fuertemente al uso de insecticidas fosforados y carbamatos, por lo que se explica que posiblemente la población de *C. conata* exprese resistencia a fosforados, ya que actualmente en el mercado solo se encuentran fosforados y carbamatos y sabemos que el modo de acción es muy parecido, lo que ha permitido al insecto desarrollar mecanismos de detoxificación que le permite degradar más fácilmente ciertas moléculas aunque sean del mismo grupo toxicológico, que al parecer es lo que ocurre en el caso de isazofos.

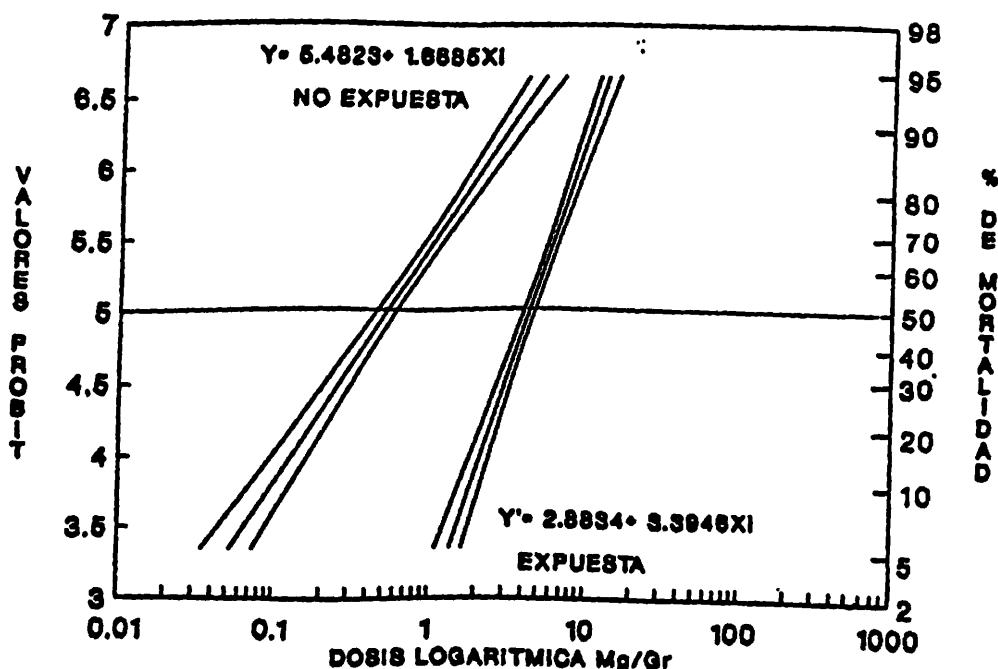


Figura 4.11 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a teflutrina en poblaciones expuestas y no expuestas a insecticidas en maíz de Arenal, Jalisco.

Por otro lado, lo que ocurre en el caso de teflutrina (piretroide), lo normal sería que la población no manifestara resistencia, pero como ya se explicó anteriormente esto puede deberse al hecho de que la población de *C. comata* estuvo expuesta durante muchos años al uso intensivo de insecticidas clorados, lo que originó que se exprese resistencia cruzada a piretroides, debido a que su modo de acción es similar.

De otra manera, para el caso de lindano, insecticida clorado que no se ha usado en los últimos años, la población posiblemente esté regresando a la susceptibilidad hacia este tóxico, como se puede observar en el cuadro 4.5 donde la DL<sub>50</sub> en poblaciones no expuestas es de 2.5 µg/gr con una proporción de resistencia de 5.8x, comparada con isazofos, que es 10x más resistente. Este fenómeno posiblemente sea explicado debido a que no se han usado los clorados en los últimos cuatro-cinco años para controlar plagas del suelo en maíz, y que después de varias generaciones sin estar expuestas al tóxico, se esté dando una recombinación del mosaico genético de la población y que a través del tiempo se va perdiendo el carácter de resistente, de tal modo que posiblemente después de 10 años sin uso de insecticidas la población vuelva nuevamente a su estado original de susceptibilidad.

Para el caso de carbofurán y los demás insecticidas fosforados, la resistencia que presentan se muestran de

manera variable con un rango de dos a seis veces más resistente; en el caso de clorpirifos, esto se explica ya que los carbanatos y los fosforados tienen sus modos de acción muy similares, por lo que posiblemente la resistencia se ha venido generando durante los últimos 10 años, y que, al no haber en el mercado insecticidas de otros grupos toxicológicos como clorados y piretroides, no sea posible llevar a cabo una rotación basada en los diferentes modos de acción y vías de detoxificación de los diferentes grupos toxicológicos de insecticidas, lo que ha obligado a los agricultores a tener como alternativas de control químico, insecticidas fosforados y carbanatos, lo que ocasiona que rápidamente se genere resistencia a estos productos por no haber una alternativa más, como sería el caso de un piretroide que permitiera diseñar un modelo rotacional de insecticidas para el manejo adecuado de la resistencia de las plagas de suelo, y a la vez prolongar la vida útil de los insecticidas. Esto es debido a que la eficiencia de los insecticidas que se encuentran en el mercado para controlar las plagas de suelo, han venido decreciendo año con año, y al no tener los agricultores una alternativa más que les permita manejar adecuadamente el problema, optan por hacer una rotación de cultivo introduciendo el agave tequilero, que por ser una planta muy rústica, las plagas del suelo no ocasionan daños significativos al sistema radicular. Este cultivo no requiere de control de plagas de suelo, y su ciclo varía de siete a 12 años, por ello, existe la posibilidad que después de seis-ocho generaciones de que C.

*comata* no se ha sometido a presión de selección por insecticidas, la población regrese a niveles de susceptibilidad hacia los insecticidas que se utilizan para su control, como es el caso de clorpirifos y carbofurán, que después de cinco generaciones sin la presión de selección por estos productos, la población de *C. comata* volvió a niveles de susceptibilidad (Cuadro 4.5), lo que permite posiblemente implementar un manejo integrado de plagas del suelo en maíz, proporcionando a los agricultores poder intercalar los cultivos de agave y maíz para evitar que *C. comata* desarrolle resistencia a los diferentes insecticidas que se utilizan para su control en esta región maicera.



## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación, se puede concluir lo siguiente:

1. Las larvas de *C. comata* mostraron resistencia a insecticidas de los siguientes grupos toxicológicos: fosforados, clorados, carbámicos y piretroides.
2. La población de *C. comata* expuesta a control químico, mostró la proporción de resistencia en el siguiente orden; isazofos > teflutrina > clorpirifos > carbofurán > lindano > fonofos > prothiofos > terbufos > diazinón.
3. En poblaciones de *C. comata* no expuestas por cinco años favorecen el retorno a la susceptibilidad, expresándose en el siguiente orden; teflutrina < isazofos < carbofurán < clorpirifos < lindano < prothiofos < terbufos < fonofos < diazinón.
4. En base a la proporción de resistencia, la rotación de insecticidas se definió como sigue: isazofos, carbofurán, clorpirifos, fonofos, prothiofos y terbufos.

## RESUMEN

Con el fin de generar en México los primeros datos toxicológicos dosis-mortalidad de larvas de *Cyclocephala comata* Bates, tanto de poblaciones expuestas y no expuestas a control químico de la región de Arenal, Jalisco, se realizaron los bioensayos correspondientes para cada una de las poblaciones con los diferentes insecticidas utilizados para su control en el cultivo de maíz; estos bioensayos se llevaron acabo en los laboratorios del Centro Regional de Diagnóstico e Identificación Fitosanitaria (CREDIF-SARH) ubicados en la Ciudad de Guadalajara.

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar los niveles de resistencia de *C. comata* a nueve diferentes insecticidas, de cuatro grupos toxicológicos (Fosforados, Carbanatos, Clorados y Piretroides), para así en un futuro próximo, establecer las líneas base que nos permitan diseñar un modelo rotacional de los diferentes grupos toxicológicos, facilitando manejar de una manera más adecuada la resistencia que ha desarrollado *C. comata* a los diferentes insecticidas que se utilizan para su control.

Se colectaron larvas de *C. comata* de 3er. estadio

larvario de la región de Arenal, Jalisco, procedentes de poblaciones expuestas y no expuestas a control químico, durante los últimos cinco años. La población expuesta se tomó de cultivos comerciales de maíz, y la no expuesta de pastos.

Los bioensayos se llevaron a cabo durante los ciclos primavera/verano 1991 y 1992. Durante 1991 se realizaron los trabajos para obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad de la población expuesta a presión de selección durante los últimos 20 años. En 1992 se realizaron los bioensayos con la población no expuesta a presión de selección durante los últimos cinco años.

Los bioensayos para las dos poblaciones se realizaron mediante la técnica de aplicación tópica. Una vez efectuadas las aplicaciones de las diferentes dosificaciones de los insecticidas involucrados en la presente investigación, las larvas fueron depositadas en cajas Petri con una mezcla de suelo y germinado de maíz, para así simular las condiciones naturales del medio donde se desarrollan las larvas en el campo, y mantenidas a temperatura ambiente. A las 24 horas de aplicados los tratamientos se tomaron los datos de mortalidad correspondientes a cada dosis de los diferentes insecticidas. Cabe señalar que siempre se contó con un testigo al que solo se le aplicó un microlitro del solvente usado para las diluciones de los tóxicos que se encontraban

en grado técnico. Posteriormente los datos obtenidos de laboratorio fueron analizados estadísticamente mediante el método de análisis Probit de máxima verosimilitud, con el uso del programa de computadora PCPROBIT versión 1.0.

En las dos poblaciones se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las DL<sub>50</sub> de cada población monitoreada y así, poder determinar el nivel de resistencia de *C. conata* a los diferentes insecticidas involucrados en la presente investigación. Con esto se pudo determinar, que para todos los insecticidas evaluados, *C. conata* ha desarrollado cierto grado de resistencia, siendo más marcado para los casos de isazofos que se presentó 10 veces más resistente, y teflutrina, que fue ocho veces más resistente.

Cabe señalar que para los productos clorpirifos (6.06 veces), carbofurán (5.89 veces) y lindano (5.68 veces), la resistencia fue moderada con un promedio de 5.8 veces. Hay que añadir que los demás insecticidas presentaron la menor resistencia, (en promedio tres veces) como es el caso de : diazinón, fonofos, prothiofos y terbufos.

Debido a lo anterior, se puede hacer notar, que la pérdida de susceptibilidad observada en las larvas de *C. conata*, fue catalogada como alta, esto debido a la poca diversificación genética de la población de *C. conata*, aún entre genotipos susceptibles, sin descartar la presencia de

8

individuos heterocigotos; de ahí la diferencia observada al nivel de DL<sub>50</sub> de las dos poblaciones en cuestión, y la respuesta similar a nivel de DL<sub>95</sub>, quedando clara la tendencia evolutiva de la resistencia que ha desarrollado *C. comata* a los diferentes insecticidas que se han venido utilizando para su control en los últimos años.

Tomando en cuenta los resultados de la presente investigación, se sugiere la rotación de insecticidas fosforados (clorpirifos, fonofos, isazofos, prothiofos y terbufos), con piretroides (teflutrina) y carbamatos (carbofurán), como una alternativa para restaurar los niveles de susceptibilidad dentro de un control integrado de plagas en maíz.

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

## LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925 A method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267
- Bautista, M.J. 1978. Importancia económica de las plagas del suelo en el estado de Jalisco. Memorias de la I Mesa redonda de plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jal. p. 53-60.
- Borror, D.J, Triplehorn y N F. Johnson 1989. An introduction to the study of insect sixth edition. Saunders College Publishing. New York. USA 827 p.
- Byerly, M.K.F. y U. C. Nava, 1990. Cuadro básico de insecticidas para el manejo integrado de plagas del algodón en la comarca lagunera. ciclo primavera/ verano 1990. Boletín técnico SARH. 14 p.
- Canacho, C.O. 1991. PCPROBIT Versión 1.0 . Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Crenlyn 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 the fenvalerato and piperonyl butoxido. Journal Econ. Entomol. 78(1): 22/30.

Dauterman, W.C. and N. Motoyama. 1974. The role of nonoxidative metabolism in organophosphorus resistance. J. Agr. Food. Chem. 22(3): 350-356.

Dauterman, W.C. 1983. Role of hydrolases and glutathione S Transferases in insecticide resistance. In: Georghiou, G. P. and T Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum press. New York USA pp 229-247.

De la Paz, G.S. 1987. Regionalización de las pérdidas ocasionadas al maíz por el complejo de plagas de la raíz en Jalisco. Memorias del XXII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Monterrey, N.L. p. 123-124.

Deloya, L. 1988. Las especies de Melolonthinae en la región de Jujutla, Morelos. Memorias III Mesa redonda sobre plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich. p. 28-29.

Félix, E.F. 1978. El control de las principales plagas del

suelo en maíz en el estado de Jalisco. Memorias de la I Mesa redonda de plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jal. pp.45-52.

\_\_\_\_\_ 1986. Incidencia de plagas del suelo en el rendimiento del maíz y su distribución en el campo. Dirección General de Sanidad y Protección Agropecuaria y Forestal. SARH Delegación Jalisco. Boletín Técnico. 17 p.

\_\_\_\_\_ 1990. Plagas rizófagas de cultivos básicos en Jalisco. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH Delegación Jalisco. Boletín Técnico. pp. 2-3.

\_\_\_\_\_ 1991. Determinación de la eficacia de control de diferentes insecticidas autorizados y propuestos para el control de plagas rizófagas para la zona centro en el estado de Jalisco. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH Delegación Jalisco. Boletín Técnico. p. 6.

\_\_\_\_\_ 1992. Evaluaciones de campo para el control de plagas rizófagas en el cultivo de maíz en la zona centro del estado de Jalisco. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH Delegación Jalisco. Boletín Técnico p. 13.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3th ed.



Cambridge University. Press London. 450 p.

Georghiou, G.P. 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.

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

Hama, H. 1983. Resistance to insecticides due reduced  
sensitivity of acetylcholinesterase In: georghiou G.P.  
and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides.  
plenum Press. New York , USA pp. 299-331.

Hama H. and T, Iwata. 1972. Insensitivity of Cholinesterase  
in *Nephotettix cincticeps* resistant to carbamate and  
organophosphorus insecticides. J. Econ. Entomol. 63

(3): 643-644.

Hoskins, W.M. and H.T. Gordon 1956. Arthropod resistance to chemicals. Ann. Rev. Entomol. 6:437-469.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI) 1986 Anuario estadístico del estado de Jalisco. Secretaría de Programación y Presupuesto. Vol.I México. D.F. p. 7

Infante, G.S. y L.C. Calderón, 1980. Manual de Análisis Próbic. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 pp.7-46.

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 1985. Temas selectos del manejo de insecticidas agrícolas. Curso sobre el manejo racional de insecticidas dentro del control integrado. Soc. Mex. de entomología, Colegio de Postgraduados y Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 187 p.

Loockwood, 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.

Meister Publishing Company (MPC) 1991. Farm Chemicals Handbook 1991, Pesticide Dictionary 770 p.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1981. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4a. Ed. LIMUSA. México. 1208 p.

Metclaf, 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.

Morón, M.A. 1986. El genero *Phyllophaga* en México, morfología, distribución y sistenática supraespecífica. Instituto de Ecología. México. 341 pp.

---

1990. Escarabajos y las plantas cultivadas. Información Científica y Tecnológica. (ICYT) 164 (12):48-53.

Moore G.D. and L.A. Devonshire. 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide-resistant house flies (*Musca domestica*). Pestic. Biochem. Physiol. 21:336-340.

Motoyama, N., T. Hayaoka, K. Nomura and W.C. Deuterman. 1980. Multiple factors for organophosphorus resistance in the house flies. (*Musca domestica*) L. J. Pestic Sci. 5:393-402.

Nájera, 1988. Control de plagas que afectan el sistema radicular del maíz en Jalisco. Memorias de la III Mesa redonda sobre plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich. p. 250.

National Academy of Sciences. 1972 (NAS) Manejo y control de plagas de insectos. Ed. LIMUSA, México. D.F. 514 p.

Nakatsugawa, T., M. Toman and P.A. Dahn. 1969. Degradation of paration in the rat. Biochem. Pharmacol. 18: 1103-1107.

Neiswander, C.R. 1978. The annual white grub, *Ochrosidia villosa* Burn in Ohio Lawns. Jour. Econ. Entomol. 3(31):340-344.

Ortega, O.C. 1987. Insectos nocivos del maíz, una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México. 106

pp.

- Ottea, J.A. and F.W.Plapp, Jr. 1981. Induction of glutathione S-Aryl transferase by phenobarbital in the house fly. *Pestic. Biochem. physiology* 15:10 -13.
- Pike, K.S.,R.L. Rivers,,P.W Smith 1976. A world bibliography of the genus *Cyclocephala* (Coleoptera: Scarabaeidae). Institute of Agriculture and Natural Resources : University of Nebraska-Lincoln. 37 p.
- ✓ Plapp F.W. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. *Ann. rev. Entomol.* 21: 176-197.
- Plapp F.W. and T.C. Wang. 1983. Genetics 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. Chapingo, México. 174 p.
- Scott, J.C. and G.P. Georghiou. 1986. mechanism responsables for high levels of permethrin resistance in the house fly *Pestic Sci.* 17: 195-206.
- Taylor, E.. Ch. and G, P. Georghiou . 1979. suppression of

insecticide resistance by alteration of gene dominance and migration. J. Econ. Entomol. 72: 105-109.p.

Vázquez, M.G. 1988. Revisión preliminar de los insectos rizófagos del maíz en el estado de Jalisco. CYANAMID División Agropecuaria. México. 20 pp.

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. Entom. 73(2): 189-192.

Wilkinson, C., F. 1983. role of mixed-funtion of Oxidasas in insecticide resistance. In: Georghiou, G. P. And T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum, Press. New York. USA. pp. 175-205.

## **APENDICE**

Cuadro A.1 Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a clorpirifos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
3.571	20	4	16.00
7.142	20	7	32.00
10.714	20	10	47.00
14.285	20	11	53.00
17.857	20	12	58.00
21.424	20	17	84.00
TESTIGO	20	1	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.2. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a diazinon con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
3.571	20	4	15.57
7.142	20	5	21.05
10.714	20	9	42.10
14.285	20	10	47.36
17.857	20	13	63.15
21.424	20	18	78.94
Testigo	20	1	-----
28.571	20	18	89.00
Testigo	20	1	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.



Cuadro A.3. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a fonofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
7.142	20	4	15.78
10.714	20	5	21.05
14.285	20	7	31.57
17.857	20	11	52.63
21.428	20	9	42.10
28.571	20	13	63.15
35.714	20	16	78.94
Testigo	20	1	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.4. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a isazofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
3.571	20	4	11.00
7.142	20	6	22.00
10.714	20	12	56.00
14.285	20	13	61.00
17.857	20	16	78.00
21.428	20	19	94.00
Testigo	20	2	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

**Cuadro A.5.** Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a prothiofos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
3.571		8	29.00
7.142	20	9	35.00
10.714	20	11	47.00
14.285	20	13	59.00
17.857	20	14	65.00
21.428	20	15	71.00
28.571	20	16	76.00
35.714	20	17	82.00
Testigo	20	3	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

**Cuadro A.6.** Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a terbufos con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
3.571	20	7	24.00
7.142	20	10	41.00
10.714	20	12	53.00
14.285	20	13	59.00
17.857	20	14	65.00
21.428	20	15	71.00
28.571	20	16	76.00
35.714	20	18	88.00
Testigo	20	3	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.7. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a teflutrina con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
1.428	20	2	10.00
2.857	20	6	30.00
4.285	20	8	40.00
5.714	20	11	55.00
7.142	20	17	85.00
Testigo	20	0	-----
8.571	20	18	89.00
10.00	20	19	94.00
Testigo	20	2	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.8. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a carbofuran con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
2.857	20	4	20.00
3.571	20	6	26.31
7.142	20	7	31.57
10.714	20	9	42.10
14.285	20	10	47.36
17.857	20	12	57.89
21.428	20	17	84.21
28.571	20	18	89.47
Testigo	20	1	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

**Cuadro A.9. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a lindano con poblaciones expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.**

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
7.142	20	4	41.00
10.714	20	8	53.00
14.285	20	10	59.00
17.857	20	12	65.00
21.428	20	15	71.00
Testigo	20	1	-----
25.000	20	16	76.00
28.571	20	18	88.00
Testigo	20	2	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

**Cuadro A.10. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a clorpirifos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.**

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.208	20	2	10.00
0.416	20	5	25.00
0.833	20	8	40.00
1.458	20	12	60.00
2.083	20	14	70.00
2.500	20	17	85.00
2.916	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.11. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a diazinon con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
1.250	20	2	10.00
2.916	20	9	20.00
5.000	20	4	45.00
7.083	20	10	50.00
9.166	20	14	70.00
11.250	20	18	90.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.12. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a fonofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.833	20	1	5.00
2.083	20	3	15.00
2.916	20	4	20.00
4.166	20	8	40.00
5.416	20	10	50.00
6.250	20	11	55.00
8.333	20	14	70.00
10.416	20	16	80.00
12.500	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.13. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a isazofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.208	20	2	10.00
0.416	20	5	25.00
0.833	20	8	40.00
1.458	20	12	60.00
2.083	20	14	70.00
2.500	20	17	85.00
2.916	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.14. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a prothiofos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.416	20	1	5.00
0.833	20	2	10.00
1.250	20	6	30.00
2.916	20	8	40.00
5.000	20	12	60.00
6.666	20	14	70.00
8.333	20	18	90.00
10.000	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.15. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a terbufos con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
1.250	20	3	15.00
2.916	20	6	30.00
4.166	20	12	60.00
6.250	20	14	70.00
7.083	20	17	85.00
8.333	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.16. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala conata* a teflutrina con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.104	20	3	15.00
0.208	20	5	25.00
0.416	20	9	45.00
0.833	20	12	60.00
1.250	20	14	70.00
1.666	20	15	75.00
2.083	20	17	85.00
2.500	20	18	90.00
2.916	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.17. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a carbofuran con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.208	20	3	15.00
0.416	20	5	25.00
0.833	20	7	35.00
2.500	20	9	45.00
3.750	20	12	60.00
5.833	20	14	70.00
8.333	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.

Cuadro A.18. Datos obtenidos de los bioensayos con larvas de 3er estadio de *Cyclocephala comata* a lindano con poblaciones no expuestas a combate químico en maíz. Arenal, Jalisco.

DOSIS $\mu\text{g}/\text{Gr.}$	INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD* CORREGIDA
	OBSERVADOS	MUERTOS	
0.416	20	1	5.00
1.250	20	4	20.00
2.083	20	7	35.00
2.916	20	11	55.00
4.168	20	13	65.00
5.000	20	16	80.00
6.250	20	19	95.00
Testigo	20	0	-----

\* MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT.