

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD DE *Diatiella pernivalis* (L.)
A INSECTICIDAS DE TRES GRUPOS TOXICOLOGICOS
EN POBLACIONES DE CASAS - HABITACION
Y RESTAURANTES DE SALTILLO, COAH.

OLEGARIO BARRERA FARIAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

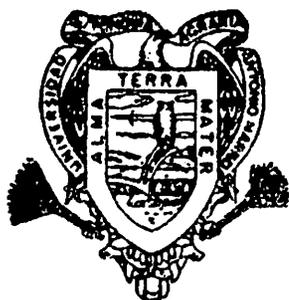
MAESTRO EN CIENCIAS

EN PARASITOLOGIA AGRICOLA

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DEL 2000

12276

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD DE *Blattella germanica* (L.)
A INSECTICIDAS DE TRES GRUPOS TOXICOLOGICOS
EN POBLACIONES DE CASAS – HABITACION
Y RESTAURANTES DE SALTILLO, COAH.**

TESIS

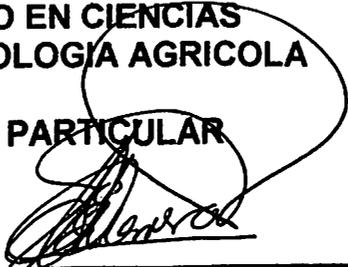
**POR
OLEGARIO BARRERA FARIAS**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRICOLA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



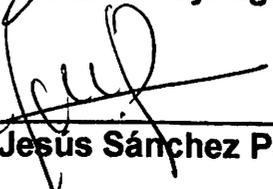
Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor:

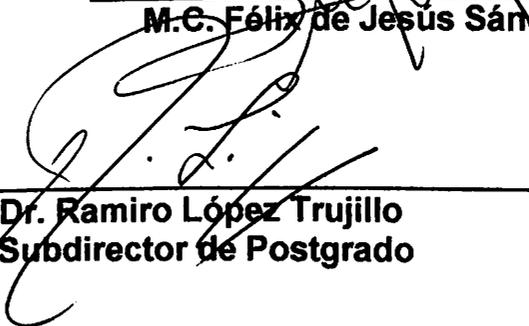


M.C. Jorge Corrales Reynaga

Asesor:



M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez



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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2000

AGRADECIMIENTOS

A todos los maestros del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme permitido el espacio y su apoyo para poder realizar esta especialización.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme brindado su confianza y el recurso económico, sin el cual no hubiese tenido la oportunidad de obtener esta preparación.

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez por su extraordinaria y admirable asesoría que realizó en todo momento, por su disponibilidad de atención sobresaliente, por la motivación y apoyo, todo lo cual fue determinante para culminar este trabajo.

Al M.C. Jorge Corrales Reynaga por su valiosa dirección profesional en el desarrollo de la investigación y por su importante apoyo.

Al M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez por su orientación y disponibilidad de apoyo.

DEDICATORIA

A Dios,

por haberme dado la fuerza y voluntad necesarias para continuar
en medio de momentos de gran adversidad.

A mis Padres,

Graciela Farías Pelayot y Olegario Barrera García
por la invaluable educación y por toda su vida que me han dado,
a ellos y a Dios,
con todo el amor que puede ofrecer
un hijo a sus Padres.

EL ÉXITO COMIENZA CON LA VOLUNTAD

*Si piensas que estás vencido, lo estás;
si piensas que no te atreves, no lo harás;
si piensas que te gustaría ganar,
pero que no puedes, no lo lograrás;
si piensas que perderás, ya has perdido;
porque en el mundo encontrarás que el
éxito comienza con la voluntad del hombre.*

*Todo está en el estado mental;
porque muchas carreras se han perdido
antes de haberse corrido;
y muchos cobardes han fracasado
antes de haber su trabajo empezado.*

*Piensa en grande y tus hechos crecerán;
piensa en pequeño y quedarás atrás;
piensa que puedes y podrás;
todo está en el estado mental.*

*Si piensas que estás aventajado, lo estás;
tienes que pensar bien para elevarte.*

*Tienes que estar seguro de tí mismo
antes de intentar ganar un premio;
la batalla de la vida no siempre la gana
el hombre más fuerte o el más ligero;
porque tarde o temprano, el hombre que gana,
es aquel que cree poder hacerlo.*

Doctor Bernard

COMPENDIO

Niveles de Susceptibilidad de *Blattella germanica* (L.) a Insecticidas de Tres Grupos Toxicológicos en Poblaciones de Casas – habitación y Restaurantes de Saltillo, Coah.

POR

OLEGARIO BARRERA FARIAS

MAESTRIA EN

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO, 2000

Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez - Asesor-

Palabras clave: Susceptibilidad, *Blattella germanica*, cucaracha alemana, resistencia a insecticidas.

Esta investigación tuvo por objetivo el conocer los niveles de susceptibilidad de *Blattella germanica* (L.) a insecticidas de uso convencional de tres grupos toxicológicos (organofosforados, carbámicos y piretroides) en poblaciones de cucaracha alemana de casas - habitación y restaurantes de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Los bioensayos se llevaron a cabo utilizando el método de aplicación tópica en ninfas de 5º y 6º estadio de esta cucaracha, para posteriormente determinar las CL_{50} y CL_{95} .

Los insecticidas deltametrina, cypermetrina y diazinon resultaron ser los más eficaces al causar la mortalidad del 95 por ciento de la población con 1,970, 5,806 y 5,918 ppm respectivamente, en las poblaciones de cucaracha alemana provenientes de casas – habitación. En tanto que en las poblaciones de restaurantes el más eficaz fue el diazinon con 13,114 ppm.

En contraste, el propoxur fue el insecticida menos eficaz tanto en poblaciones de casas - habitación como en las de restaurantes, con una CL_{95} de 36,809 y 406,661 ppm respectivamente.

Las PR más altas se presentaron en el propoxur con 11.05X y en la cypermetrina con 6.26X, las PR más bajas se mostraron en el diazinon y clorpirifos con 2.21X y 2.35X respectivamente, en base a la CL_{95} ; con lo cual se refleja que el grupo de los organofosforados son mejor alternativa para el control de esta plaga.

ABSTRACT

**Susceptibility Levels of *Blattella germanica* (L.) to Three
Toxicological Groups of Insecticides Collected from
Households and Restaurants
in Saltillo, Coah.**

BY

OLEGARIO BARRERA FARIAS

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE, 2000

Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez - Advisor-

**Key words: Susceptibility, *Blattella germanica*, german cockroach,
insecticide resistance.**

Strains of *Blattella germanica* (L.) were collected from households and restaurants in order to test their susceptibility to deltamethrin, cypermethrin, diazinon, chlorpyrifos, propoxur and bendiocarb insecticides in Saltillo, Coahuila.

Bioassays were made by the topical application method to calculate LC₅₀ and LC₉₅, using 5th and 6th instar nymphs. Household strains were more susceptible to deltamethrin, cypermethrin and diazinon with 1,970, 5,806 and 5,918 ppm respectively, whereas restaurant strains were more susceptible to diazinon with 13,114 ppm at LC₉₅. On the other hand, household and restaurant strains were less susceptible to propoxur with 36,809 y 406,661 ppm respectively.

The highest resistance ratios shown in restaurant strains were 11 for propoxur and 6.2 for cypermethrin. The lowest ratios were for diazinon and chlorpyrifos with 2.21 and 2.35 respectively, at LC₉₅. This could be an indication that organophosphorous insecticides are a better alternative for german cockroach control.

INDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
Importancia de las Plagas Urbanas.....	4
<i>Blattella germanica</i>	5
Importancia Médica.....	5
Evolución.....	7
Posición Taxonómica.....	8
Biología.....	9
Ecología.....	10
Comportamiento.....	10
Alternativas de Control.....	11
Control Físico y Mecánico.....	11
Desecantes.....	11
Control Electrónico.....	12
Control Biológico.....	12
Reguladores de Crecimiento.....	13
Cebos.....	13
Control Químico.....	14
Insecticidas Convencionales.....	14
Inorgánicos.....	14
Organofosforados.....	15
Carbámicos.....	16
Piretrinas y Piretroides.....	16
Compuestos que afectan los canales de cloro.....	17
Compuestos que ocasionan disrupción del metabolismo de la energía.....	19
Manejo integrado de <i>Blattella germanica</i> (L.).....	19
Resistencia.....	20
Definición.....	20

Tipos de Resistencia.....	21
Desarrollo de la Resistencia.....	22
Resistencia organofosforados y carbámicos.....	24
Resistencia a piretroides.....	27
Resistencia cruzada.....	28
Resistencia por comportamiento.....	28
Métodos de tratamiento.....	29
Proporción de resistencia.....	30
Manejo de la resistencia.....	30
MATERIALES Y METODOS.....	36
Colecta.....	36
Mantenimiento y Multiplicación.....	37
Bioensayos.....	38
Cálculos estadísticos.....	40
RESULTADOS.....	42
Bioensayos con Poblaciones de Casas – Habitación.....	42
Bioensayos con Poblaciones de Restaurantes.....	46
Comparación de Bioensayos.....	49
Proporción de Resistencia.....	51
DISCUSION.....	58
CONCLUSIONES.....	62
RESUMEN.....	63
LITERATURA CITADA.....	66
APENDICES.....	70
APENDICE A Bioensayos con Poblaciones de Casas – Habitación.....	71
APENDICE B Bioensayos con Poblaciones de Restaurantes.....	75
APENDICE C Ecuaciones de Predicción.....	78

INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
3.1	Insecticidas de tres grupos toxicológicos utilizados en ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.).....	39
4.1	Valores de las concentraciones letales 50, 95 y límites fiduciales en ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de casas - habitación a insecticidas.....	43
4.2	Coefficientes de determinación y valores de la estadística chi - cuadrada de las líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de casas - habitación a insecticidas.....	45
4.3	Valores de las concentraciones letales 50, 95 y límites fiduciales en ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de restaurantes a insecticidas.....	47
4.4	Coefficientes de determinación y valores de la estadística chi - cuadrada de las líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de restaurantes a insecticidas.....	49
4.5	Proporción de resistencia al nivel de la CL ₅₀ entre ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) según su fuente de colecta.....	52
4.6	Proporción de resistencia al nivel de la CL ₉₅ entre ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) según su fuente de colecta.....	53

INDICE DE FIGURAS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
4.1	Líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de casas – habitación a insecticidas.....	44
4.2	Líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) de restaurantes a insecticidas.....	48
4.3	Comparación de las CL_{50} y sus límites fiduciales de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) a insecticidas.....	50
4.4	Comparación de líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) a piretroides.....	54
4.5	Comparación de líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) a fosforados.....	55
4.6	Comparación de líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de <i>Blattella germanica</i> (L.) a carbámicos.....	56

INTRODUCCION

Actualmente las cucarachas representan una de las líneas de insectos más persistentes, hablando desde el punto de vista evolutivo, habiéndose conservado prácticamente sin cambio aparente por cerca de 350 millones de años (Rust *et al.*, 1995).

La gran mayoría de las 4,000 especies de ahora no han cambiado con respecto a sus antecesores, conservando el aparato bucal masticador primitivo, el cual les ha permitido adaptarse fácilmente a las diferentes fuentes de alimento en el transcurso del tiempo. La mayoría de estas especies son silvestres y no están relacionadas con el hombre de manera alguna. Pero cerca de 50 especies se convirtieron en peridomésticas o domésticas con el hombre a medida que este evolucionó de cazador nómada a productor de cultivos y protector de animales domésticos (Rust *et al.*, 1995).

Estas especies están muy asociadas a nosotros y generalmente consumen alimento en descomposición, migajas, etc.; así mismo están presentes en áreas insalubres tales como en los sistemas de drenaje y demás materia en descomposición, por lo cual su presencia se percibe como una constante amenaza para nuestro bienestar (Rust *et al.*, 1995). Uno de los principales

problemas dentro de estas especies es la cucaracha alemana; *Blattella germanica* (L.).

Desde el punto de vista médico, las cucarachas nos afectan de diferentes formas. Como plagas, las infestaciones de cucarachas llegan a representar un estrés psicológico para las personas que comparten un espacio habitacional con estos organismos. Tales personas sufren incluso de su salud mental y en consecuencia se ve desfavorecida su salud física. Así mismo estas personas llegan a tomar medidas drásticas o fuera de lo común para evitar o erradicar las infestaciones (Rust *et al.*, 1995).

Como vectores de patógenos, la cucaracha alemana, es capaz de portar virus, bacterias, hongos, protozoarios y platihelminos, los cuales llegan a ocasionar graves enfermedades en el hombre (Rust *et al.*, 1995).

Por otro lado, la cucaracha alemana ha llegado a ser una plaga difícil de controlar por su tamaño, sus hábitos y su facilidad de expresar resistencia a los insecticidas.

En la actualidad existen diferentes productos insecticidas para el control de las cucarachas; desgraciadamente las casas que dan servicio de control de plagas, generalmente realizan tratamientos en los cuales utilizan en forma desmedida los insecticidas, además de no llevar un programa adecuado de aplicaciones en el que se incluya la rotación de productos, favoreciendo de esta

manera la expresión de la resistencia de estos insectos - plaga y a la vez dificultando más su control.

Definitivamente dentro de los factores determinantes para llevar a cabo un buen control sobre estos insectos - plaga, es conocer qué productos son eficaces para su control. Actualmente no existe un estudio que revele que niveles de susceptibilidad están presentes en las poblaciones de cucaracha alemana a los diferentes insecticidas de uso convencional, por tal razón el objetivo de esta investigación fue determinar los niveles de susceptibilidad de *Blattella germanica* (L.) a insecticidas de uso convencional de tres grupos toxicológicos (organofosforados, carbámicos y piretroides) en poblaciones de casas - habitación y de restaurantes de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

REVISION DE LITERATURA

Importancia de las Plagas Urbanas

Considerando que una plaga es cualquier planta, animal o microorganismo no deseado, es muy común que cada hogar tenga problemas de plagas (Ware, 1988). Los insectos plaga, llegan a ocasionar desde daños a plantas ornamentales hasta molestias, daño y muerte al hombre y a animales domésticos, incluso la destrucción y/o depreciación de productos almacenados y pertenencias del hombre (Pedigo, 1991). Si se realizara una comparación de las muertes generadas en todas las guerras contra las muertes ocasionadas por enfermedades transmitidas por insectos, el número de muertes por las guerras resulta ser insignificante (Ware, 1988).

Se ha estimado, que cada año se presentan aproximadamente 50 millones de casos de infección del dengue en todo el mundo. Así en 1998, se presentaron más de 616,000 casos de esta enfermedad en América, de los cuales 11,000 fueron del dengue hemorrágico. La gran dispersión de los cuatro virus del dengue, se atribuye a mosquitos vectores, de los cuales la especie más importante es *Aedes aegypti* (<http://www.who.int/inf-fs/en/fact117.html>) (2000).

Así mismo, son infectadas cerca de 300 millones de personas en el mundo con la enfermedad de la malaria, de las que mueren entre 1 y 1.5 millones cada año, siendo transmitida la enfermedad por los mosquitos del género *Anopheles* (<http://www.who.int/ctd/html/malariadis.html>) (2000).

Se considera que de todas las especies de insectos, menos del 1 por ciento son plaga potenciales para el hombre (Pedigo, 1991).

***Blattella germanica* (L.)**

Importancia Médica

La cucaracha alemana es una importante plaga urbana la que se caracteriza por ser un insecto omnívoro, y el alimento que nosotros consumimos a esta le sirve, el cual esta a su alcance básicamente en cada fase de su producción, en el transporte y mientras es almacenado antes de su consumo.

La importancia médica de *B. germanica* (L.) se manifiesta de cuatro maneras; como plagas (molestia), como vectores de patógenos, como productores de agentes etiológicos y como causantes de problemas a la salud por su control:

A) Como plaga, pueden ser estresantes psicológicos, llegando a afectar a mucha gente en su vida cotidiana, incluso son capaces también de ocasionar parasitosis y cleptoparasitosis Ilusoria.

B) Como vectores de patógenos, la cucaracha alemana, es capaz de portar virus, bacterias, hongos, platihelminos y protozoarios, los cuales llegan a ocasionar graves enfermedades en el hombre. Entre los patógenos que se reportan, son el virus de la poliomielitis, las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella bredeny*, *S. typhi*, *Streptococcus faecalis*, *Vibrio* spp. ; los hongos *Alternaria* sp., que son causantes de infecciones en pulmones y piel y como alérgenos; *Candida krusei*, *C. paraspilosis*, *C. tropicalis*, causantes de problemas de candidiasis en las mucosas de los infantes, en la piel, conductos respiratorios, tracto digestivo y endocarditis; *Geotrichum candidum*, causante de la bronquitis crónica, infecciones gastrointestinales y de la piel; *Cladosporium* sp., que causa dermatomicosis; los platihelminos *Acaris lumbricoides*, *Acaris* sp., *Enterobius vermicularis*, *Necator americanus* y de los protozoarios, *Entamoeba histolytica*, *Giardia* sp. (Rust et al., 1995).

C) Como vectores de agentes etiológicos. Se considera que alrededor del mundo existen de 100 a 150 millones de personas que sufren de asma, y que incluso estos números van en aumento, se estima que se ha llegado hasta 180,000 muertes ocasionadas por esta enfermedad, al respecto esta claro que dentro de los factores de riesgo más fuertes que ocasionan el asma, esta la

exposición a agentes alergénicos como los son las cucarachas (<http://www.who.int/inf-fs/en/fact206.html>) (2000).

B. germanica (L.) es responsable de problemas serios de alergias, ocasionando síntomas en el hombre como estornudos, irritación y enrojecimiento de ojos y piel, dificultad para respirar e incluso anafilaxis. Se ha encontrado que las exuvias de la cucaracha son causantes de las alergias, así mismo estudios revelan que existen de 8 a 13 proteínas de las cucarachas que pueden causar alergias (Rust *et al.*, 1995).

D) Como causantes de problemas de salud por su control. Debido a que el nivel de tolerancia a las infestaciones de cucarachas es muy bajo, las personas intentan controlarlas lo mejor posible e incluso hasta erradicarlas; sin embargo, es en dicho intento que puede traerles consecuencias graves a la salud a causa de intoxicaciones por el uso y manejo inadecuado de los insecticidas, incluyéndose a las personas que ofrecen servicio de control de plagas sin estar preparados profesionalmente (Rust *et al.*, 1995).

Evolución

En realidad existe muy poca diferencia en la morfología general del cuerpo entre los fósiles de cucarachas y en las cucarachas de hoy en día (Harwood y James, 1987 y Rust *et al.*, 1995).

El orden Isoptera (las termitas) es un grupo muy relacionado con las cucarachas y los mántidos (Orden Mantodea), los tres grupos se asemejan en tener cercos segmentados, un proventrículo fuertemente esclerotizado, estilos en los platos subgenitales de los machos y otras características internas. Muchos investigadores han afirmado la presencia de protozoarios flagelados (que digieren celulosa, similares a los que poseen las termitas) en *Cryptocercus punctulatus* Scudder, la cual es una cucaracha primitiva y la producción de ootecas por la termita primitiva *Mastotermes darwiniensis* Frogg, es prueba de la cercana relación entre las cucarachas y las termitas. De hecho, en general se considera que las termitas evolucionaron de un ancestro de cucaracha que se alimentaba de madera (Rust *et al.*, 1995).

Posición Taxonómica

De acuerdo a Borror *et al.* (1989) la cucaracha alemana presenta la siguiente clasificación:

Reino Animal
 Phylum Arthropoda
 Subphylum Atelocerata
 Clase Insecta
 Subclase Pterygota
 Orden Blattaria
 Familia Blattellidae
 Género *Blattella*
 Especie *germanica* (L.)

Este insecto se caracteriza por presentar un tamaño de 1.5 cm aproximadamente de largo, un color café claro y dos líneas longitudinales en el pronotum (Harwood y James, 1987; Metcalf y Flint, 1962 y Ogg *et al.*, 1995).

Biología

Es necesario considerar que existe variación en la biología entre poblaciones de *B. germanica* (L.), algunas de estas diferencias tienen relación con las condiciones del medio ambiente, otras referidas a la metodología de investigación o por cuestiones genéticas (Rust *et al.*, 1995).

La cucaracha alemana presenta una metamorfosis incompleta con los siguientes estados de vida; huevecillo, ninfa y adulto. El ciclo de vida se inicia con la fertilización del huevecillo, tomando un tiempo promedio de 30 días en dar origen a las ninfas, las que en un tiempo aproximado de 60 días llegan a adultos, pasando por seis mudas. Una vez como adultos, tardan por lo general 10 días en fertilizar los siguientes huevecillos (Rust *et al.*, 1995).

Las hembras producen una cápsula llamada ooteca que contiene de 30 a 40 huevecillos (Ebeling, 1975 y Ogg *et al.*, 1995). Una hembra puede producir de 4 a 8 ootecas en su vida y a diferencia de las demás cucarachas urbanas, la cucaracha alemana porta consigo la ooteca hasta que los huevecillos están listos para la eclosión (Lyon, 1997 y Ogg *et al.*, 1995).

Ecología

Las cucarachas como animales ectotérmicos, seleccionan microhabitats tibios con el fin de asegurar una temperatura adecuada para su cuerpo (Rust *et al.*, 1995). Por lo que *B. germanica* (L.) prospera en lugares protegidos que contengan papel, madera u otras superficies porosas, con agua y alimento (Ogg *et al.*, 1995). Tiene una alta necesidad de humedad y generalmente se mueve en un radio de 3 a 3.5 m de distancia de su resguardo en busca de alimento y agua en las cocinas, baños, etc., prefiriendo la obscuridad (Lyon, 1997).

Comportamiento

La cucaracha alemana pasa gran parte del tiempo fuera del alcance de nuestra vista por el hecho de ser de hábitos nocturnos; es principalmente activa al anochecer y durante la noche y en el transcurso del día se mantiene en sus refugios (Rust *et al.*, 1995).

Por otro lado, es de hábitos gregarios; poseen una feromona de agregación, la cual se encuentra sobre el cuerpo del insecto y en las heces. Generalmente regurgitan alimento parcialmente digerido y van liberando heces por donde circulan. Así mismo secretan una sustancia de olor fuerte y característico muy desagradable por su aparato bucal y por las aberturas glandulares del cuerpo (Harwood y James, 1987).

Alternativas de Control

Control Físico y Mecánico

Es necesario mantener un buen nivel de limpieza y eliminar en lo posible toda fuente de alimento y agua que puedan estar disponibles para las cucarachas. Así mismo es importante resanar bien las grietas y demás espacios similares con el fin de evitar posibles refugios (Ogg *et al.*, 1995).

Como control mecánico, pueden utilizarse trampas pegajosas con atrayentes en los lugares que comunmente transitan las cucarachas (Ogg *et al.*, 1995).

El manejo de la temperatura es otra opción donde sea posible, se recomienda aumentar a 60 a 65 °C por un tiempo de 5 a 6 horas o bajar las temperaturas a 7 °C o más bajas, pero tomará un tiempo más prolongado para ocasionar la muerte de las cucarachas, para este último caso puede hacerse uso del dióxido de carbono (CO₂) para bajar la temperatura (Ogg *et al.*, 1995).

Desecantes

Los desecantes son sustancias que matan a las cucarachas al destruir la capa cerosa de su cuerpo, ocasionándoles la pérdida de agua. Los desecantes más efectivos en el control de las cucarachas son la tierra diatomacea y la sílica

gel. Debido a la cualidad abrasiva de la tierra diatomacea, la capa cerosa del insecto es degradada, ocasionando posteriormente la deshidratación y muerte del insecto. La sílica gel es una substancia químicamente inerte no abrasiva, que ocasiona la deshidratación por su capacidad de absorción de aceite y humedad (Ogg *et al.*, 1995).

Control Electrónico

Aquí se incluye el uso de aparatos que producen sonidos o ultrasonidos, vibraciones o los que generan campos electromagnéticos, los cuales han probado ser no tan eficientes en repeler o controlar a la cucaracha alemana; sin embargo, algunos investigadores han reportado cierta respuesta de las cucarachas al ultrasonido, pero que finalmente su función no es significativa (Rust *et al.*, 1995).

Control Biológico

Se han reportado resultados favorables con una levadura (Hyphomycetes: Deuteromycotina) y con el hongo *Metarhizium anisopliae* que presenta potencial para controlar a la cucaracha alemana. Por otro lado, se ha encontrado que la bacteria *Serratia marcescens* puede ser un buen patógeno para el control de esta plaga, no obstante no se han comercializado hasta la fecha (Rust *et al.*, 1995). Los nemátodos parásitos que se han reportado para *B. germanica* son del género *Steinernema* y *Rhabditida* (Koehler, 1993). El uso de parásitos,

depredadores y patógenos puede ser factible en el manejo de esta cucaracha; sin embargo, es necesario seguir realizando investigación al respecto (Rust *et al.*, 1995).

Reguladores de Crecimiento

Los análogos de la hormona juvenil y los inhibidores de la síntesis de quitina, son las dos clases de reguladores de crecimiento que más se han estudiado, con el fin de integrarlos en el manejo de la cucaracha alemana. En el grupo de los análogos de la hormona juvenil están el hidropreno y el fenoxicarb; y en el grupo de los inhibidores de la síntesis de quitina, las polioxinas y las benzoylfenyl ureas (Rust *et al.*, 1995).

Cebos

Los cebos pueden incluir pastas, geles, partículas o gránulos en estaciones o pequeños contenedores. Los principales insecticidas utilizados en los cebos son ácido bórico, hidrametilona, clorpirifos, avermectina, propoxur, que pueden ir solos o algunos en combinación (Lyon, 1997).

Control Químico

Insecticidas convencionales

Inorgánicos. Los insecticidas inorgánicos de principal uso en el control de la cucaracha alemana son el bórax, ácido bórico y el fluoruro de sodio. El ácido bórico en parte actúa como insecticida de contacto al penetrar a través de la cutícula del insecto. Por otro lado, debido al hábito de limpieza que tienen las cucarachas, al pasar sus patas y antenas por sus partes bucales, ingieren el polvo y tanto el ácido bórico como el fluoruro de sodio actúan parcialmente como venenos estomacales, ya que se ha determinado que el ácido bórico se va acumulando en el buche del sistema digestivo hasta saturarse, sin poder ser digerido. El polvo en el buche no puede ser desplazado al resto del canal alimenticio, a excepción de cantidades muy pequeñas, ocasionando posteriormente la muerte (Ebeling, 1975).

El ácido bórico es más activo en contra de *B. germanica* que el bórax; no obstante estos últimos tienen muy baja repelencia por la cucaracha alemana, además de ser seguros al hombre (ácido bórico, 2,660 mg/kg ratas; bórax, 5,600 mg/kg ratas), mientras que el fluoruro de sodio es más tóxico (200 mg/kg conejos) y por otro lado provoca una fuerte repelencia en la cucaracha alemana (Rust *et al.*, 1995).

Organofosforados. El efecto de mortalidad de los insecticidas organofosforados se origina básicamente por la gran similitud que tiene la estructura química del insecticida con el neurotransmisor acetilcolina, la cual es el sitio de acción de la enzima colinesterasa, ocasionando que dicha enzima se una al tóxico en lugar de trabajar sobre la acetilcolina (Matsumura, 1985 y Hassall, 1990). En consecuencia, se presenta un desequilibrio en la actividad nerviosa por la acumulación de la acetilcolina en las terminaciones nerviosas (O'Brien, 1967).

Los insecticidas organofosforados generalmente utilizados en el control de la cucaracha alemana son: acefato, clorpirifos, diazinon, diclorvos, fenitrotion, iodofenfos, malation, pirimifos-metil, propetamfos, tricolorfon. Los que se han utilizado menos son: azametifos, bromofos, clorpirifos-metil, dimetoato, etrimfos, fention, metacrifos, naled, penfenate y foxim. Se considera que el clorpirifos es el compuesto más utilizado de su grupo en el control de las cucarachas. El clorpirifos posee cierta acción como vapor, favoreciendo su confiabilidad en las diversas situaciones donde se le encuentre la cucaracha alemana, no obstante carece de una buena acción de derribo. El diazinon ha sido ampliamente utilizado en formulaciones de concentrado emulsificable y polvo humectable a 1.0 por ciento y 0.5 por ciento respectivamente; sin embargo, no tienen gran residualidad. En contraste las formulaciones microencapsuladas floables del diazinon al 23 por ciento (como ej. Knox Out 2 FM) han ofrecido una mayor residualidad (Rust *et al.*, 1995).

Carbámicos. Los insecticidas carbámicos son también fuertes inhibidores de la colinesterasa y actúan casi de manera idéntica a los organofosforados; sin embargo, una diferencia importante entre estos dos grupos, es que la inhibición de la colinesterasa por parte de los carbámicos es aparentemente reversible, resultando en una posible recuperación, mientras que con los organofosforados por lo general dicha inhibición es irreversible (Matsumura, 1985 y Hassall, 1990).

Los insecticidas carbámicos principalmente utilizados en el control de la cucaracha alemana son el propoxur, bendiocarb y dioxicarb. El propoxur fue introducido en 1959, y siendo el compuesto más utilizado por muchos años en el control de *B. germanica* (L.) alrededor del mundo; posee buena residualidad y una buena acción de derribo. Por otro lado el bendiocarb introducido en 1971, es ampliamente utilizado en Europa; sin embargo, presenta una actividad moderada para con esta cucaracha (Rust *et al.*, 1995).

Piretrinas y Piretroides. Se ha determinado que existen 2 tipos de acción en los piretroides; la acción tipo I, que se asocia principalmente con los compuestos que ocasionan síntomas de excitación nerviosa caracterizados por descargas repetitivas y a la propiedad de derribo, cuyo efecto es reversible con una correlación de temperatura negativa, y la tipo II se relaciona con la acción de muerte con correlación de temperatura positiva y la acción de bloqueo nervioso. Las piretrinas y la aletrina son típicas del tipo I y la cypermetrina y

deca-metrina son características del tipo II (Matsumura, 1985). Tales efectos son ocasionados por su acción en los canales de sodio (Ware, 1994).

Los piretroides más comúnmente utilizados para el control de la cucaracha alemana se ubican en los siguientes grupos acorde a propiedades como residualidad, derribo, etc.: A) piretroides con buena residualidad; cyflutrina, cypermetrina, alfacipermetrina, d-cyfenotrina, deltametrina, lambda-cyhalotrina, permetrina, tralometrina; B) piretroides con menos residualidad pero con buenas propiedades letales; d-fenotrina, y la serie de la resmetrina (resmetrina, d-resmetrina, cismetrina, bioresmetrina); C) piretroides con buena acción derribo; la serie de la aletrina (aletrina, d-aletrina, bioaletrina, esbiotrina, s-bioaletrina, la serie de la tetrametrina (tetrametrina, d-tetrametrina), kadetrina. Otros piretroides menos utilizados contra *B. germanica* son; bifentrina, empentrina, etofenprox, fenflutrina, fenpropatrina, fenvalerato, pydrina, flucytrinato, fluvalinato, praletrina, propartrina, protrina y teraletrina (Rust *et al.*, 1995).

Compuestos que afectan los canales de cloro. Tanto en mamíferos como en insectos, estos compuestos bloqueadores de los canales de cloros como fipronil, ocasionan hiperexcitabilidad y convulsiones. Estos efectos se deben al ataque al sistema nervioso central, ocasionando antagonismo del ácido gamma aminobutírico, que es un neurotransmisor inhibitorio. Estudios han demostrado que estos insecticidas se unen al canal de cloro y bloquea su activación por el ácido gamma aminobutírico, de manera que esta falta de

inhibición sináptica, conduce a la hiperexcitación del sistema nervioso central. Entre los insecticidas con dicho modo de acción, también se encuentran el dieldrin, endrin, lindano y endosulfan, los cuales no son comúnmente utilizados para el control de la cucaracha alemana; sin embargo, en la búsqueda de nuevos ingredientes activos, se ha sintetizado al insecticida fipronil, un nuevo compuesto arylheterocíclico con un modo de acción similar, pero con una toxicidad selectiva para con los insectos (<http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm>) (2000). No obstante, en un estudio realizado por Valles *et al.* (1997) en el que evalúa al insecticida fipronil en cucarachas alemanas colectadas de campo, concluye que mostraron una mayor tolerancia a fipronil que la raza Marietta, raza de *B. germanica* de laboratorio con resistencia cruzada a insecticidas organofosforados, carbámicos y piretroides, cabe señalar que el fipronil no está registrado para la cucaracha alemana en Estados Unidos hasta el momento en que fue realizado el estudio.

Otro tipo de compuestos con este modo de acción son las avermectinas que es un grupo muy relacionado con las lactonas macrocíclicas extraídas del hongo *Streptomyces avermitilis*. Las avermectinas bloquean la actividad eléctrica en los músculos y nervios de los vertebrados e invertebrados, por el incremento de la conducción de los iones cloro en la membrana. El efecto es similar al del ácido gamma aminobutírico, pero básicamente es irreversible (<http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm>) (2000). Dentro de este grupo, la Abamectina B1 se está utilizando en el control de la cucaracha alemana (Lyon, 1997).

Compuestos que ocasionan disrupción del metabolismo de la energía. La disrupción del metabolismo de la energía se presenta en la mitocondria y generalmente se manifiesta afectando el sistema de transporte de electrones y en consecuencia la producción del ATP, ocasionando lentamente una toxicidad progresiva que posteriormente resulta en inactividad, parálisis y muerte (<http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm>) (2000). De los insecticidas con este modo de acción, la hidrametilona es el que se ha utilizado en el control de *B. germanica* (L.) (Rust *et al.*, 1995).

Manejo Integrado de *Blattella germanica* (L.)

El objetivo de los programas convencionales de manejo integrado de plagas (MIP), es de manipular las poblaciones de plagas a niveles bajos por medio de varios métodos químicos y no químicos. No obstante, los programas de MIP para las plagas urbanas, como el de la cucaracha alemana, generalmente requiere de su eliminación. Por lo común el bajo nivel plaga de estas especies y de otros insectos plaga urbanos, frecuentemente conduce a un uso excesivo e inefectivo de insecticidas en los hogares y negocios (Rust *et al.*, 1995).

En una sociedad consciente del medio ambiente, sin duda el control de plagas fundamentado en un uso eficiente y efectivo de insecticidas apropiados y métodos no químicos, es la opción más adecuada. Esta integración de

estrategias, beneficiaran al controlador de plagas, al cliente y al medio ambiente (Rust *et al.*, 1995).

Los programas de MIP urbanos deben ser diseñados en ambientes específicos, para clientela específica y poblaciones de plagas específicas. La variabilidad de las condiciones bajo las cuales operan los programas de MIP urbanos y con el hecho de que estos serán establecidos en interiores, implica que cada programa debe ser diseñado para satisfacer necesidades únicas (Rust *et al.*, 1995).

Resistencia

La resistencia a los insecticidas es una realidad que se ha hecho evidente en insectos plaga de importancia, con lo cual, la teoría de Darwin ha probado su veracidad (Georghiou y Saito, 1983); indicando que la exposición a los insecticidas se ha convertido en una poderosa fuerza de selección, en donde se van concentrando los diversos factores genéticos preexistentes que confieren resistencia y así mismo quedando eliminados los que carecen de dichos factores (Georghiou y Saito, 1983 y Matsumura, 1985).

Definición

Georghiou (1965) define la resistencia, como la habilidad de un organismo para sobrevivir a la aplicación de un tóxico, la cual sería letal para la mayoría de

los organismos de una población normal. Por otro lado Ball (1981) afirma que la interpretación de la resistencia es relativa, lo cual coincide con lo que menciona Brattsten (1989) que la resistencia es compleja y controvertida por ser un fenómeno muy relativo.

Tipos de Resistencia

Se ha considerado que de los mecanismos de resistencia, el metabólico es el que generalmente juega el papel más significativo; sin embargo, está claro que también operan otros mecanismos que no son propiamente metabólicos, que por sí solos pueden no ser determinantes pero en combinación con los metabólicos, pueden ofrecer altos niveles de resistencia. En el caso de los insecticidas organofosforados y carbámicos, la insensibilidad al sitio de acción puede presentarse como resultado de las modificaciones de la colinesterasa. Así mismo, la resistencia a los piretroides también involucra la insensibilidad al sitio de acción (Georghiou y Saito, 1983).

De acuerdo con Brown (1960) los insecticidas pueden generar resistencia en los insectos esencialmente a causa de la participación de algunos mecanismos fisiológicos que se clasifican en a) metabólicos y b) no metabólicos.

a) Mecanismos metabólicos. Los insecticidas pueden ser metabolizados y transformados en productos menos tóxicos por los insectos como consecuencia

de la acción de los sistemas enzimáticos presentes en los insectos. Las principales enzimas responsables del metabolismo de los insecticidas son; función oxidativa mixta (FOM), esterasas, DDTasa y glutatión transferasa (Plapp, 1976; Brown, 1960).

b) Mecanismo no metabólicos. Dentro de estos mecanismos están; la penetración reducida (Matsumura, 1985), insensibilidad en el sitio de acción (Georghiou y Saito, 1983), mayor excreción, mayor almacenamiento (Lagunes y Villanueva, 1994) y comportamiento (Rust *et al.*, 1995).

Desarrollo de la Resistencia

Considerando que los insectos poseen una gran variabilidad genética (Brown, 1958), básicamente la velocidad de desarrollo de la resistencia está determinada por; A)- la frecuencia del gen inicial de resistencia, B)- así como de su dominancia, el nivel de presión de selección y por C)- el número de generaciones al año del insecto (Roush y McKenzie, 1987).

A)- Frecuencia de gen inicial del gen de resistencia. Existen genes que confieren resistencia a ciertos insecticidas, los cuales están presentes incluso antes de que cualquier insecticida haya sido aplicado. Dichos genes están presentes inicialmente con frecuencias de gen extremadamente bajas. A medida que la población es expuesta a un insecticida, los individuos susceptibles se van eliminando a la vez que se va incrementando la frecuencia

del gen de resistencia en los individuos sobrevivientes que lo poseen, hasta llegar a un punto donde dicho gen se establece en la población en la cual la mayoría de los individuos son homocigotos para el gen de resistencia (Rust *et al.*, 1995).

B)- Presión de selección y Dominancia. Si la presión es inicialmente muy fuerte, la mayoría de la población morirá si el gen de resistencia es recesivo, el heterocigoto (RS) no tendrá la suficiente ventaja para sobrevivir. En el caso de los genes de resistencia dominantes o intermedios, tanto el heterocigoto (RS) como el homocigoto (RR) tendrán ventaja en la selección, ocasionando un rápido desarrollo de la resistencia con dicha presión fuerte de selección (Rust *et al.*, 1995).

C)- Número de generaciones por año. El número de generaciones por año es determinante, ya que los cambios en la frecuencia de gen se expresarán en las generaciones subsiguientes. Respecto a la cucaracha alemana que presenta de tres a cuatro generaciones por año, se puede considerar que el desarrollo de un nuevo tipo de resistencia se expresaría en un tiempo aproximado de dos años bajo condiciones de exposición al insecticida de manera repetida. Desafortunadamente, por lo general la existencia de la resistencia no se aprecia o se observa, hasta que la frecuencia del gen o de los genes de resistencia es tan alta, que ocasionan problemas para controlar la plaga (Rust *et al.*, 1995).

Resistencia a Organofosforados y Carbámicos.

De acuerdo a un estudio realizado por Scharf *et al.* (1996) se sugiere que las enzimas con citocromo P-450 monooxigenasa fueron las responsables de la tolerancia de adultos macho de *B. germanica* (raza Muncie '86) a clorpirifos y bendiocarb. Por su parte Valles *et al.* (1996) consideran que la detoxificación por las citocromo P-450 monooxigenasas son responsables de la tolerancia de ninfas de 6° estadio al propoxur; y demostraron una clara influencia de la edad de las ninfas en la tolerancia a propoxur, ya que ninfas de 6° estadio de 1 día de edad fueron tan susceptibles como los adultos macho de 7 a 14 días de edad, mientras que las ninfas de 6° estadio de 7 a 11 días de edad fueron 16 veces más tolerantes.

En otro estudio sobre 14 razas de *B. germanica* de 4 países, Hemingway *et al.* (1993) determinaron sobre ninfas de 1^{er} estadio que posiblemente las oxigenasas de función múltiple (FOM) están involucradas en la resistencia a clorpirifos en 6 razas y en 7 razas a propoxur.

Siegfried y Scott (1992) afirman que a pesar de que en la resistencia a los insecticidas clorpirifos y propoxur involucran procesos metabólicos similares, incluyen diferentes formas de enzimas oxidativas e hidrolíticas, también concluyen que estos dos mecanismos pueden estar activos a través de diferentes substratos de insecticidas, de manera que la resistencia a propoxur

puede conferir resistencia a clorpirifos y viceversa, además de que múltiples formas de resistencia pueden existir en las mismas razas.

Valles y Yu (1996) evaluaron la resistencia de la cucaracha alemana (raza Marietta) utilizando machos adultos, encontrando la mayor resistencia a bendiocarb con 46X, seguido de cypermctrina con 28X, propoxur con 17X, permetrina con 12X y clorpirifos con 7X, y que las enzimas detoxificadoras revelaron que la actividad de las FOM, hidrolasas y glutatión S-transferasas fueron significativamente más altas en la raza Marietta que en la susceptible. Donde la detoxificación oxidativa se sugiere juega el papel principal, la detoxificación hidrolítica un papel complementario en la resistencia a bendiocarb.

Dentro del estudio realizado por Siegfried y Scott (1992) en el que evalúan la resistencia de adultos macho de *B. germanica* a clorpirifos y propoxur, concluyen también que el nivel general de actividad de esterasas, no necesariamente se correlaciona con los niveles de resistencia. Por otro lado, Hemingway *et al.* (1993) indican que la actividad de las esterasas se incrementó en 10 razas de las 14 que estudiaron, mostrando resistencia a clorpirifos y en un nivel bajo a propoxur, sobre ninfas de 1^{er} estadio. También concluyen que se presentó un incremento de los niveles de actividad de la glutatión S-transferasa en 4 razas; no obstante, afirman que estas últimas no confieren niveles significativos de resistencia a los insecticidas organofosforados y carbámicos. En contraste Valles (1998) que evaluó la respuesta de 12 razas de *B.*

germanica a propoxur y clorpirifos, señala que la resistencia a estos dos insecticidas se atribuye a la actividad de la glutatión S-transferasa. De manera similar, en el siguiente año Valles *et al.* (1999) al evaluar insecticidas organofosforados, carbámicos y piretroides en diferentes especies de cucarachas criadas en laboratorio, concluyen que para el caso de los adultos macho de *B. germanica*, la resistencia a carbámicos y piretroides está asociada con una elevada actividad de la enzima glutatión S-transferasa.

En estudios realizados por Valles *et al.* (1996) determinaron que la insensibilidad de la acetilcolinesterasa no tuvo influencia en la tolerancia de las ninfas de 6° estadio de la cucaracha alemana a propoxur, mientras que Hemingway *et al.* (1993) de las 14 razas que estudiaron de esta cucaracha, solo una presentó alteración de la acetilcolinesterasa, confiriendo un nivel de resistencia mucho más alto a propoxur que a clorpirifos, en ninfas de 1^{er} estadio.

Siegfried y Scott (1992) concluyen además que la raza de *B. germánica* resistente a propoxur, también manifestó una reducción en la penetración del insecticida, no obstante, no está claro que dicha barrera confiera una resistencia significativa en ausencia de otros factores de resistencia.

Resistencia a Piretroides

Hemingway *et al.* (1993) al evaluar 30 razas de la cucaracha alemana reportadas con resistencia a piretroides colectadas de 3 continentes, consideran que los posibles mecanismos de resistencia presentes en dichas poblaciones se incluyen niveles elevados de citocromo P-450, esterasas, glutatión S-transferasas e insensibilidad nerviosa o resistencia al derribo (kdr), de los cuales los más sobresalientes fueron las esterasas y las oxidasas. La mayoría de estas razas con resistencia a los piretroides, son también resistentes a clorpirifos y propoxur; y al menos, en la raza H407 con altos niveles de resistencia a clorpirifos a causa de esterasas, indica que la resistencia puede estar más asociada con los organofosforados que con los piretroides. En forma semejante, Valles (1998) que evaluó la respuesta de 12 razas de cucaracha alemana, determinó que las esterasas son un mecanismo importante en la resistencia a cypermetrina.

Por otro lado Dong *et al.* (1998) estudiaron la influencia de la mutación del kdr de la cucaracha alemana en la resistencia a los insecticidas piretroides. Los resultados muestran claramente que la mutación al kdr está ampliamente dispersa en las poblaciones de la cucaracha alemana en los Estados Unidos y se ha detectado también en razas resistentes a piretroides colectadas de China y Alemania. En previos estudios se ha observado una buena correlación entre la presencia de la mutación del kdr y un alto nivel de resistencia a deltametrina. Sin embargo, en este trabajo no se encontró una relación directa entre la

mutación del kdr y los altos niveles de resistencia al kdr a cypermetrina, lo que concluye que la mutación del kdr en estas razas en sí sola no confiere resistencia.

Resistencia Cruzada

Valles (1998) encontró resistencia cruzada significativa entre organofosforados, carbámicos y piretroides. Antes, Valles *et al.* (1997) al evaluar la toxicidad de fipronil en razas de *B. germanica*, encontraron que la raza Marietta, resistente a organofosforados, carbámicos y piretroides fue 1.6X más tolerante a fipronil que la raza susceptible, lo que indica que esta raza con dicha resistencia cruzada a los tres grupos de insecticidas, es posible que se extienda a los insecticidas fenilpirazoles.

Resistencia por Comportamiento

Ross y Cochran (1992) encontraron que la respuesta de la cucaracha alemana a papeles impregnados con insecticidas piretroides como cyflutrina y cypermetrina, la raza susceptible evitó la exposición a los papeles tratados, mientras que las cucarachas con resistencia al insecticida no evitaron el contacto. En contraste, las cucarachas susceptibles no evitaron el contacto con los papeles tratados con clorpirifos, con lo que consideran, se están reflejando diferencias en los niveles de resistencia bioquímico y fisiológico. Posteriormente, Hostetler y Brenner (1994) con adultos macho y hembra de *B.*

germanica de razas resistentes y susceptibles, al someterlas a refugios tratados con clorpirifos, cypermetrina y clordano, concluyeron que la repelencia puede ser facilitada por los altos niveles de resistencia fisiológicos, afirmando que no se detectaron cualidades de resistencia por comportamiento. Al respecto Valles y Brenner (1999) evaluaron la hidrametilona sobre 14 razas de cucaracha alemana con resistencia a insecticidas organofosforados, carbámicos y piretroides y en una raza susceptible. Los resultados mostraron que unas razas a pesar de que no mostraron resistencia fisiológica a hidrametilona, si se encontró una resistencia por comportamiento (evasión), mientras que en otro grupo de razas se encontró resistencia tanto fisiológica como de comportamiento. Concluyen, que lo anterior indica que el comportamiento de evasión puede estar desarrollándose en estas razas.

Métodos de Tratamiento

Zhai y Robinson (1992) evaluaron la resistencia de la cucaracha alemana a cypermetrina por los métodos de superficie de contacto y aplicación tópica, concluyen que la aplicación tópica es el medio más sensible para estimar los grados de resistencia en poblaciones de campo para insecticidas organofosforados y piretroides, considerando además que con el uso de este método se elimina la influencia de varios factores de comportamiento y morfológicos que pueden afectar la acumulación de diferentes cantidades de los insecticidas a evaluar.

Proporción de Resistencia

Valles (1998) menciona que a diferencia de otros insectos plaga como los pertenecientes a los ordenes Diptera y Lepidoptera, los cuales generalmente poseen radios de resistencia en exceso de 1,000X y ocasionalmente alcanzan niveles de resistencia de 10,000X o mayores, la resistencia en la cucaracha alemana raramente excede los 100X a 200X, señalando que el radio de resistencia más grande reportado para *B. germanica* por el método de aplicación tópica es de 337X a fluvalinato en la raza Village Green, lo que puede significar que la expresión de pequeños niveles de resistencia a insecticidas en la cucaracha alemana, pueden resultar en problemas para su control.

Manejo de la Resistencia

De acuerdo con Georghiou (1987) es importante considerar que en la mayoría de las poblaciones de insectos existen individuos que son homocigotos susceptibles (SS) o heterocigotos (RS) con respecto a cualquier gen de resistencia, dichos individuos constituyen la base de genes susceptibles de esa población, por tanto son una fuente valiosa de individuos que deben conservarse para poder combatir la resistencia.

Las medidas del manejo de insecticidas para reducir la resistencia son tres; I).- manejo por moderación, II).- manejo por saturación y III).- manejo por ataque múltiple (Georghiou, 1983).

I).- Manejo por moderación- Georghiou (1983) señala que mediante el uso de bajas dosis de insecticidas se consigue la existencia de individuos con genes susceptibles en una población.

II).- Manejo por saturación. Esto se logra mediante dosis altas y aplicaciones constantes de insecticidas, sin implicar la saturación del medio ambiente pero sí los mecanismos de defensa del insecto mediante cantidades que puedan superar la resistencia (Georghiou, 1983).

III).- Manejo por ataque múltiple. Este se refiere a la aplicación de químicos multidireccionales en la presión de selección a corto y largo plazo, los productos inorgánicos cuya acción se extiende a varios sitios del insecto (Georghiou, 1983). La aplicación de los insecticidas puede llevarse a cabo de acuerdo a una de las siguientes maneras; secuencia, mezclas, rotaciones o mosaicos (Georghiou, 1987 y Tabashnik, 1989). Con las aplicaciones en secuencia, un insecticida es utilizado hasta que se presente la resistencia y enseguida utilizar otro compuesto no relacionado; sin embargo, este método no ayuda a conservar la fuente de genes susceptibles. En el pasado, este método fue el más comúnmente utilizado por los controladores profesionales en el control de la cucaracha alemana (Rust *et al.*, 1995). Para el caso de las mezclas, es

utilizar dos o más compuestos no relacionados con el fin de matar a todos los individuos de una población, excepto aquellos individuos resistentes que presentaron doble o triple homocigosis, los que son raros (Tabashnik, 1989). En la rotación, un insecticida es utilizado por un período específico de tiempo o número de generaciones y después utilizar un insecticida con un modo de acción diferente (Cutright, 1959); sin embargo, antes de repetir el ciclo de rotación es importante utilizar un tercer insecticida con modo de acción diferente a los otros dos, con el fin de aumentar las posibilidades de que no se desarrolle la resistencia (Rust *et al.*, 1995). Dentro de la forma de aplicación por mosaico, implica que dentro del lugar a realizar el control, se traten solo ciertas áreas, en donde las partes no tratadas actúan como refugios (Tabashnik, 1989); no obstante, en el control de la cucaracha alemana llega a realizarse de manera no intencionada, ya que en una zona residencial no necesariamente todas las casas son tratadas o dentro de una casa normalmente no todas las partes son tratadas (Rust *et al.*, 1995).

Se ha establecido que no está claro cual método es el mejor, todos tienen ventajas y desventajas, incluso es difícil que un método sea el adecuado para todas las situaciones o casos que pudieran presentarse; al respecto, dentro del control de la cucaracha alemana pueden surgir complicaciones con alguno de los métodos mencionados, por ejemplo el manejo por moderación básicamente no es práctico para los controladores de plagas profesionales ya que sus clientes después de pagar el servicio esperan no ver cucarachas vivas. De hecho lo que ocurre en la práctica y en la actualidad, es el uso del manejo por

saturación, realizando dosis altas de insecticidas dentro de los límites permitidos o un incremento de la frecuencia de las aplicaciones cuando se sospecha de la presencia de la resistencia (Rust *et al.*, 1995), o bien el uso de sinergistas puede ser lo más adecuado (Cochran, 1987).

Por otro lado, es sabido por los controladores de plagas profesionales prefieren usar el método de secuenciación de grupos químicos, lo que ha ofrecido un control razonablemente bueno en la cucaracha alemana desde 1950. Al respecto, el insecticida clordano fue utilizado hasta ya no ser efectivo, usándose después malation; sin embargo, el diazinon y el clorpirifos siguen siendo efectivos en contra de muchas poblaciones. La preocupación actual con este método de secuenciación es el riesgo de que se extienda ampliamente la resistencia a los piretroides, limitando fuertemente las opciones disponibles del uso de tratamientos residuales (Rust *et al.*, 1995).

Para el caso de las mezclas es posible su aplicación; empero, es necesario utilizar aquellos insecticidas no relacionados entre sí y que no muestren resistencia cruzada, las dosis deben ser las óptimas, los rangos de degradación deben ser similares y que la población a tratar no sea resistente a los insecticidas a utilizar, de manera que esto puede ser un gran limitante para el controlador profesional ya que puede no tener la suficiente información para tomar las decisiones más apropiadas. Por otro lado, el método por rotación es menos complicado para el controlador de plagas profesional, considerando por tanto que es el método más factible de ser utilizado en la actualidad, y es de

una gran importancia en la prevención actual del desarrollo de la resistencia a los piretroides. Así mismo en la medida que surjan nuevas clases de insecticidas, habrá mayores posibilidades de asegurar un mejor control sobre la cucaracha alemana (Rust *et al.*, 1995).

Zhai y Robinson (1996) afirman que el primer signo de resistencia con un nivel de moderada a alta, es la pérdida de la acción de repelencia de cypermctrina en *B. germanica* y concluyen que la alternación de insecticidas puede ser un componente efectivo en un programa de manejo de plagas, si es utilizada para regresar a ciertos niveles de susceptibilidad y una vez logrado esto, podrá integrarse en un programa que incluya métodos de control químico y no químico. Finalmente señalan, que la efectividad de los piretroides puede mantenerse cuando se limita su uso, dentro de un programa de manejo de plagas en una población con historial de resistencia a dichos insecticidas.

Cochran (1993) señala que períodos prolongados sin presión de insecticidas piretroides sobre poblaciones de cucaracha alemana, resultaron en una significativa reducción en la resistencia a varios piretroides; no obstante, se requirió un tiempo de dos años o más para lograrlo. Por lo tanto, la mejor estrategia para enfrentar los problemas de resistencia a piretroides, es la de evitar su desarrollo y cambiar a otras clases de insecticidas a tiempo, si llega a presentarse.

Hemingway *et al.* (1993) indican además que a pesar de la presencia de la resistencia a los insecticidas organofosforados y piretroides en la misma raza, no implica el no utilizar los organofosforados como posible estrategia de control racional.

Valles y Brenner (1999) concluyen, que a pesar del uso intensivo de la hidrametilona en varias formulaciones, durante aproximadamente 15 años en el control de *B. germanica*, el desarrollo de la resistencia fisiológica es mínimo, así mismo afirman que la resistencia cruzada a los insecticidas organofosforados, carbámicos y piretroides en esta cucaracha parece no extenderse a la hidrametilona.

MATERIALES Y METODOS

Colecta

El trabajo se inicio con la colecta de las cucarachas de dos sectores principales, uno de casas - habitación y otro de restaurantes. Dentro del sector casas - habitación, con el fin de obtener resultados lo más representativos, sobre un mapa de la ciudad de Saltillo se hizo una división en cuatro cuadrantes, dentro de los cuales se procedió a coleccionar en las colonias de mayor incidencia de esta plaga. Para el caso de los restaurantes, se coleccionó en los principales restaurantes de la ciudad, se visitó un total de 23 restaurantes, de los cuáles sólo en 17 fue posible su colecta.

Las colectas se realizaron manualmente utilizando bolsas grandes de plástico para la basura con varios pedazos pequeños y comprimidos de papel periódico en el interior, con el fin de permitirles a las cucarachas un resguardo momentáneo y además ayudando a que no escaparan en el instante que se abría la bolsa para capturar otras más.

Mantenimiento y Multiplicación

Posteriormente con ayuda de bolsas de plástico transparentes de 20 X 35 cm, las cucarachas se pasaban a botes de plástico transparentes de 12 X 15 X 22 cm, a los cuales se les colocaba en su interior pequeños rollos de papel periódico, un frasco con agua con un orificio en la parte superior, en donde se acomodaba una porción de algodón que permitía suministrar constantemente del líquido durante una semana aproximadamente, se agregó también como alimento croquetas para perro, y la parte superior del bote se mantenía cerrada con tela de organza y una banda elástica.

Todas las cucarachas que se colectaban, se mezclaban bien con el resto para mantener una homogeneidad dentro de cada uno de los sectores, separando las que provenían de casas - habitación y las de restaurantes.

Las cucarachas se mantuvieron en dichos botes de plástico bajo condiciones de temperatura y humedad naturales dentro de una casa habitación con el fin de obtener la mayor similitud a las condiciones reales.

Durante el proceso de multiplicación se observó que la falta de limpieza acompañado del hacinamiento que se generaban dentro de los botes, ocasionaba cierto grado de mortalidad; a mayor tiempo transcurrido bajo dichas condiciones, mayor el porcentaje de mortalidad. Por tal razón se hizo necesario llevar a cabo una limpieza cada 3 semanas aproximadamente, lo cual

implicaba lavar bien con agua y jabón cada uno de los botes de plástico, los frascos del agua, así como también desechar los restos de alimento y papel periódico viejos, renovándolos.

Bioensayos

El estado de desarrollo con el cual se decidió trabajar, fue con ninfas de 5° y 6° estadio, ya que con ello nos permitió trabajar con mayor uniformidad dentro de lo que respecta a la edad. Los insecticidas utilizados aparecen el Cuadro 3.1.

Se establecieron 6 dosis por insecticida; para determinar dichas dosis se realizaba previamente un bioensayo con dosis desde 0.1 hasta 10,000 PPM, con el fin de ubicar la CL₅₀.

Para la realización de los bioensayos, primero se preparaban las diluciones en frascos de vidrio color ambar de capacidad de 30 ml; cada uno se etiquetaba con la fecha, dosis e insecticida correspondiente. El solvente que se utilizó como vehículo para depositar el insecticida, fue acetona. Una vez listas las diluciones, se extraían de cada uno de los botes las ninfas de 5° y 6° estadio para formar conjuntos de 15 individuos para cada dosis y el testigo, al cual se le aplicaba solamente acetona.

Cuadro 3.1 Insecticidas de tres grupos toxicológicos utilizados en ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.).

Grupo toxicológico	Nombre común	Concentración	Formulación
Piretroides	cypermetrina	93.5 %	Grado técnico
	deltametrina	98.0 %	Grado técnico
Organofosforados	diazinon	98.5 %	Grado técnico
	clorpirifos	91.3 %	Grado técnico
Carbámicos	propoxur	99.0 %	Grado técnico
	bendiocarb	76.0 %	Polvo Humectable

Cada grupo de 15 individuos se colocaba en una caja petri de plástico con una serie de pequeños orificios en la tapa para permitir la oxigenación normal. Cada caja petri se etiquetaba con los datos de dosis, fecha de aplicación, insecticida y sector a evaluar fuera restaurantes o casas - habitación.

Posteriormente para llevar a cabo la aplicación del insecticida, se dormían primeramente las cucarachas con bióxido de carbono. Para realizar esto se tomaba un conjunto de 15 cucarachas en una bolsa sin orificios y se acomodaba de tal forma que se eliminara la mayor cantidad de aire en su interior, después se colocaba dicha bolsa en la válvula del tanque para ser

llenada con el gas, dejando transcurrir así un tiempo de tres minutos, el cual era suficiente para mantenerlas dormidas hasta terminar de aplicar el producto a las 15 ninfas. La aplicación se realizaba de manera tópica con ayuda de un microaplicador y una jeringa, calibrado este para depositar la cantidad de un microlitro (μl) de producto en el pronotum del insecto.

A las 24 horas se tomaban las lecturas de mortalidad, realizando la corrección de mortalidad con la fórmula de Abbott (Abbott, 1925) cuando era necesario.

$$M = \frac{y - x}{x - 100} \quad (100)$$

donde :

M = Mortalidad corregida

y = % de mortalidad del tratamiento

x = % de mortalidad del testigo

A su vez tomando de base las CL_{50} y CL_{95} se calculó la proporción de resistencia (PR) entre las poblaciones de cucarachas según su fuente de colecta, en base a las siguientes fórmulas:

$$PR = \frac{CL_{50} >}{CL_{50} <} \quad y \quad PR = \frac{CL_{95} >}{CL_{95} <}$$

Cálculos Estadísticos

Los datos obtenidos se corrieron bajo un programa computacional probit (Camacho, 1990) para determinar la CL_{50} de cada insecticida, la CL_{95} y datos de mortalidad para el trazo de la línea de respuesta dosis – mortalidad e intervalos de confianza; estos resultados se graficaron en papel logaritmo – probit. Por otro lado, se estimó el coeficiente de determinación (r^2) y la estadística chi – cuadrada (χ^2) para comprobar los supuestos del modelo.

RESULTADOS

Bioensayos con Poblaciones de Casas - Habitación

En el Cuadro 4.1 se muestran los resultados de las concentraciones letales al 50 y 95, de los insecticidas evaluados en cucarachas colectadas de casas - habitación. La respuesta de estas cucarachas fue notablemente diferente en los tres grupos de insecticidas, quedando claro que la susceptibilidad más alta se presentó con los insecticidas piretroides que varían de 120 a 263 ppm, mientras que la susceptibilidad más baja se mostró con los insecticidas carbámicos y para los insecticidas organofosforados una susceptibilidad intermedia con respecto a los otros dos grupos. Dentro de lo cual, deltametrina arrojó la mayor susceptibilidad y bendiocarb la más baja en base a la CL_{50} . Por otro lado, la susceptibilidad que mostraron diazinon y clorpirifos fue muy similar entre sí.

Respecto a la CL_{95} , los resultados mostraron ser muy diferentes con respecto a la tendencia que se reflejó con la CL_{50} , donde cypermctrina y diazinon resultaron con valores muy similares, 5,806 y 5,918 ppm respectivamente, y por otro lado la susceptibilidad más baja fue para propoxur con un valor muy elevado de 36,809, mientras que la susceptibilidad más alta se mantuvo con la deltametrina.

Cuadro 4.1 Valores de las concentraciones letales 50, 95 y límites fiduciales en ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de casas - habitación a insecticidas.

Insecticidas	ppm			
	CL ₅₀	Límites Fiduciales (95%)		CL ₉₅
		Inferior	Superior	
deltametrina	120.23	(94.39	- 146.52)	1,970.11
cypermetrina	263.00	(179.93	- 345.62)	5,806.09
diazinon	1,046.55	(911.84	- 1,198.97)	5,918.31
clorpirifos	1,193.88	(994.62	- 1,410.27)	15,062.87
bendiocarb	10,510.64	(10,065.43	- 10,989.53)	18,036.00
propoxur	5,859.31	(5,107.71	- 6,663.52)	36,809.73

En las líneas de respuesta dosis - mortalidad reflejadas por estas cucarachas de casas - habitación (Figura 4.1), resulta interesante observar que en los carbámicos la línea de bendiocarb es la más vertical y a su vez más retirada del origen que la de propoxur que es más horizontal al igual que el resto de los insecticidas, lo que explica el hecho de que la CL₅₀ de bendiocarb en el Cuadro 4.1 sea mayor que la de propoxur en tanto que en la CL₉₅ ocurre lo contrario.

En relación a los resultados de r^2 y χ^2 , se muestran en el Cuadro 4.2, en donde los valores del coeficiente de determinación (r^2) indican que para

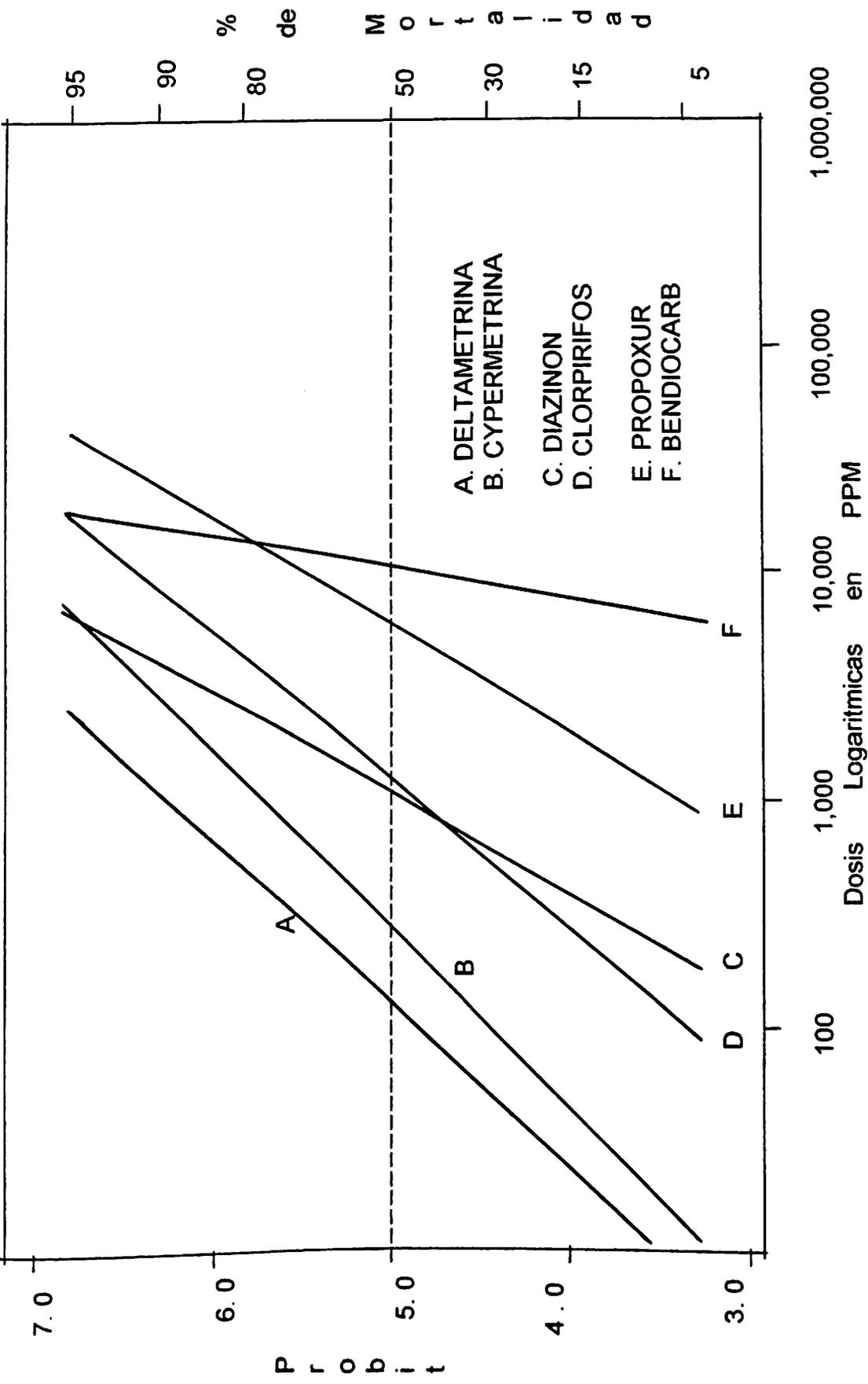


Figura 4.1 Líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de casas - habitación a insecticidas.

Cuadro 4.2 Coeficientes de determinación y valores de la estadística chi - cuadrada de las líneas de respuesta dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de casas - habitación a insecticidas.

Insecticidas	r^2	χ^2	G.L.	P
deltametrina	0.6179	0.1771	4	0.99
cypermetrina	0.5688	0.1422	5	0.99
diazinon	0.8788	0.2161	3	0.95
clorpirifos	0.8069	0.4846	5	0.99
bendiocarb	0.7471	0.2624	2	0.80
propoxur	0.9594	0.0606	3	0.99

el propoxur y el diazinon existe un buen ajuste a una tendencia lineal de los puntos dosis – mortalidad, en tanto que el resto de los productos no ocurre así. De acuerdo a la estadística chi – cuadrada, en el caso de clorpirifos, su valor observado difiere significativamente de los valores esperados, no presentando esto los demás insecticidas; por otro lado, los porcentajes de probabilidad de ocurrencia de evento son buenos, ya que en general son muy altos, a excepción del bendiocarb lo cual puede estar fuertemente influenciado por el bajo número de grados de libertad.

Bioensayos con Poblaciones de Restaurantes

Para el caso de las CL_{50} y CL_{95} obtenidas de las cucarachas de restaurantes presentadas en el Cuadro 4.3, indican sin duda que estas poblaciones mostraron también la menor susceptibilidad al grupo de los carbámicos, representado en este caso por el propoxur; enfatizando además en que las dosis requeridas al nivel de la CL_{50} fueron en general más altas que las mostradas por las poblaciones de casas – habitación, llegando a ser hasta de 28,188 ppm en el caso de propoxur. A su vez, los piretroides representados por la cypermetrina, demanda ahora hasta 12,943 ppm, por lo que la mejor eficiencia se observa con los insecticidas organofosforados, resaltando el diazinon, cuyos datos son muy similares a los observados en el bioensayo de casas – habitación.

Analizando las CL_{95} , se tiene que el propoxur se dispara con un valor demasiado alto de 406,661 ppm, cypermetrina y clorpirifos presentan datos muy altos también, y aún cuando el valor del diazinon dobla al obtenido en el bioensayo de casas – habitación, mantiene la concentración más baja.

A diferencia de las líneas dosis – mortalidad obtenidas con las cucarachas de casas - habitación, en la Figura 4.2 se muestra como la línea de cypermetrina pasó a ser ahora la más vertical, siendo que en la evaluación anterior fue la más horizontal, lo que indica una ganancia en resistencia; así mismo, la línea de propoxur es la más horizontal de las líneas de respuesta

Cuadro 4.3 Valores de las concentraciones letales 50, 95 y límites fiduciales en ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de restaurantes a insecticidas.

Insecticidas	ppm			CL ₉₅
	CL ₅₀	Límites Inferior	Fiduciales (95%) Superior	
deltametrina *	_____	_____	_____	_____
cypermctrina	12,943.00	(12,018.45 -	13,917.24)	36,363.10
diazinon	1,302.55	(767.37 -	1,813.16)	13,114.98
clorpirifos	7,394.79	(6,319.63 -	8,387.90)	35,367.31
bendiocarb *	_____	_____	_____	_____
propoxur	28,188.10	(22,042.79 -	44,624.85)	406,661.59

* No se corrieron por falta de población

dosis- mortalidad, aunque a su vez la más retirada del origen.

En el Cuadro 4.4 se muestra que los resultados de restaurantes fueron mejores que los de casas - habitación, el coeficiente de determinación fue un poco más ajustado al modelo, aunque en al caso del diazinon presenta datos que manifiestan desajuste con respecto a la línea estimada; pero en cuanto a la estadística chi - cuadrada, exhibe valores mucho más ajustados entre puntos observados y estimados en todos los casos por lo que a su vez se refleja con una probabilidad de ocurrencia de evento alta.

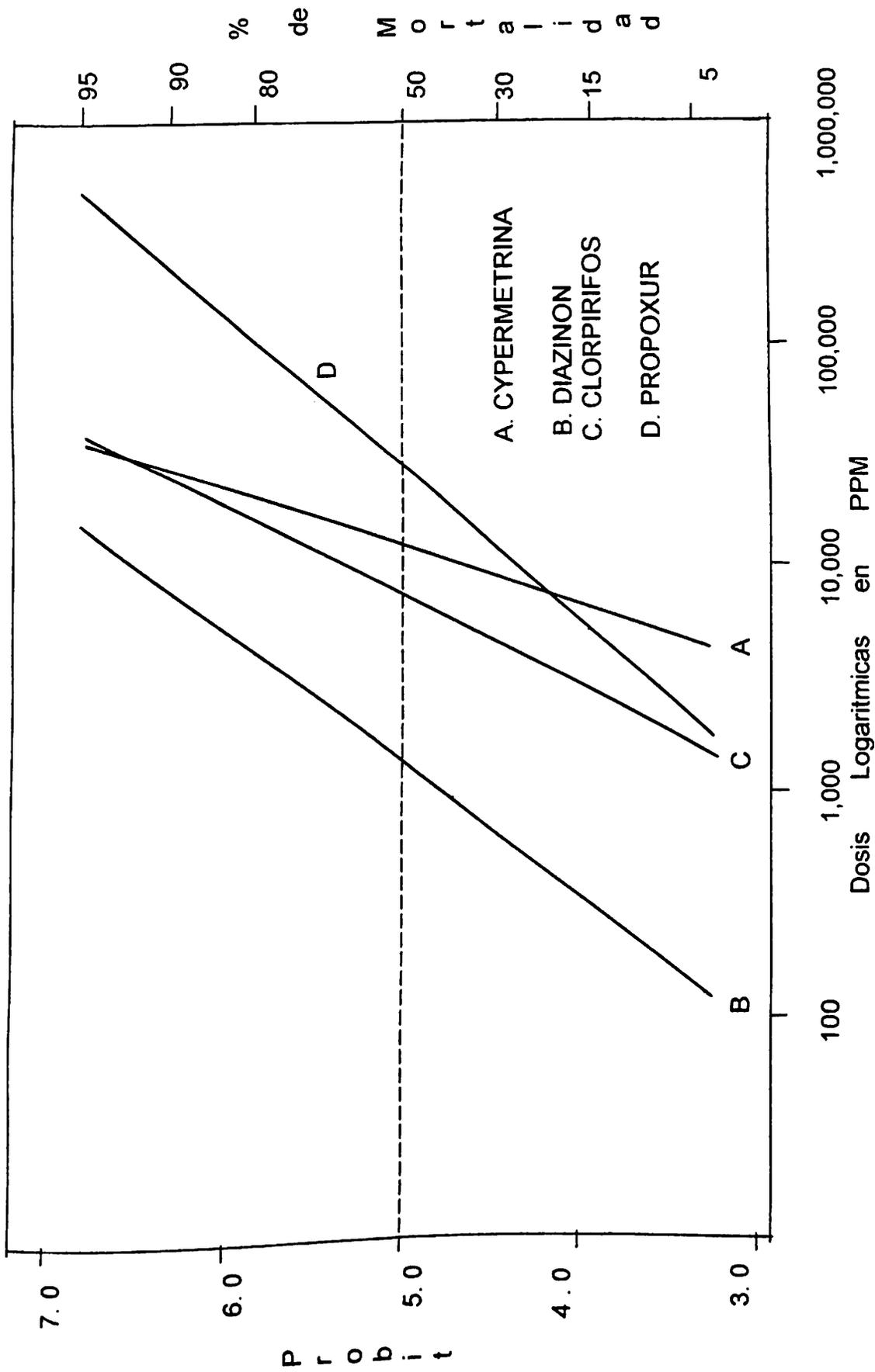


Figura 4.2 Líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de restaurantes a insecticidas.

Cuadro 4.4 Coeficientes de determinación y valores de la estadística chi - cuadrada de las líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) de restaurantes a insecticidas.

Insecticidas	r^2	χ^2	G.L.	P
deltametrina *	_____	_____	_____	_____
cypermctrina	0.8687	0.1972	4	0.99
diazinon	0.7545	0.0257	4	0.99
clorpirifos	0.9370	0.1171	3	0.99
bendiocarb *	_____	_____	_____	_____
propoxur	0.8730	0.0360	3	0.99

* No se corrieron por falta de población

Comparación de Bioensayos

Al realizar la comparación de las CL_{50} de los límites fiduciales de los insecticidas evaluados en las poblaciones de casas - habitación y de restaurantes, en la Figura 4.3 podemos observar que el clorpirifos evaluado en las cucarachas colectadas de casas - habitación y diazinon en ambas poblaciones, resultaron ser estadísticamente iguales entre sí, ya que presentan un traslape total de estos límites fiduciales; por otro lado, el propoxur en poblaciones de casas - habitación y clorpirifos de restaurantes presentan igualdad estadística al presentar traslapes, mientras que el resto de los

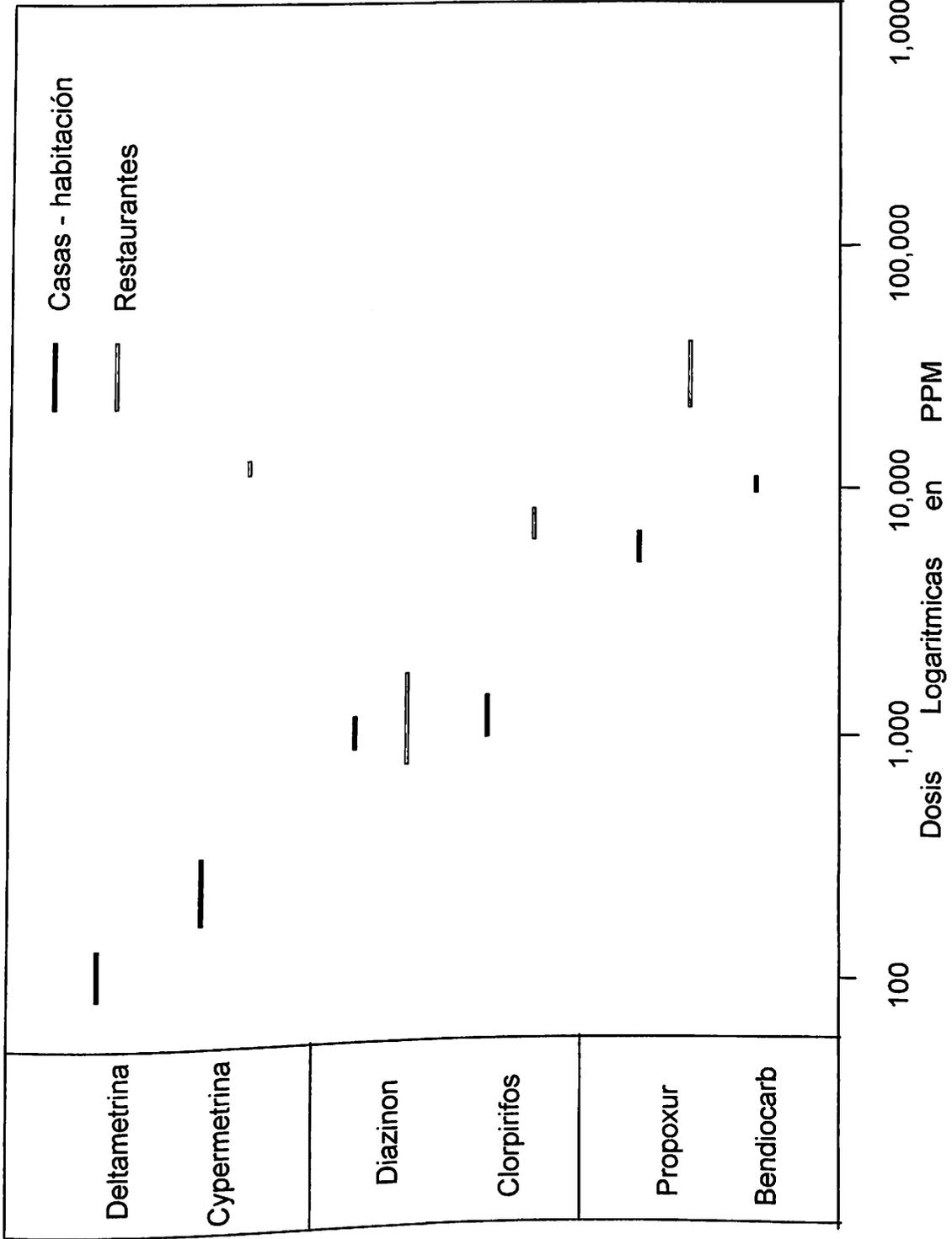


Figura 4.3 Comparación de las CL₅₀ y sus límites fiduciales de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) a insecticidas.

insecticidas es claro que se comportaron estadísticamente diferentes, sin traslape entre ellos.

Proporción de Resistencia

Una vez visto los resultados de las poblaciones de *B. germanica* (L.) de casas – habitación y de restaurantes, es importante observar la proporción de resistencia que existe entre estas poblaciones de cucarachas; así, en el Cuadro 4.5 se tiene la proporción de resistencia (PR) para la CL_{50} , en donde las poblaciones de restaurantes tratadas con cypermetrina mostraron la mayor PR con respecto a las poblaciones de casas – habitación con 49.21X, la cual es excesivamente alta, a su vez en el caso de diazinon se presentó una PR muy baja de 1.24X, esto es que las poblaciones de restaurantes mostraron básicamente la misma susceptibilidad a este insecticida que las de casas - habitación.

En el caso del clorpirifos y del propoxur, también la demanda de ingrediente activo se incrementa notoriamente para lograr el mismo nivel de mortalidad, ya que la PR es de 6.19X y 4.81X respectivamente.

Por otro lado, en el Cuadro 4.6 se tienen las PR en base a la CL_{95} , resaltando en este caso, que la PR de las poblaciones de restaurantes se reduce considerablemente con respecto a la cypermetrina, siendo ahora de 6.26X. En tanto que el propoxur muestra la PR más alta, alcanzando niveles

Cuadro 4.5 Proporción de resistencia al nivel de la CL₅₀ entre ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) según su fuente de colecta.

Insecticidas	CL ₅₀ (ppm)		PR
	Casas - habitación	Restaurantes	
deltametrina	120	_____ *	_____
cypermetrina	263	12,943	49.21X
diazinon	1,047	1,303	1.24X
clorpirifos	1,194	7,395	6.19X
bendiocarb	10,511	_____ *	_____
propoxur	5,859	28,188	4.81X

* No se corrieron por falta de población

excesivos e incosteables (406,662 ppm). En el caso del diazinon y del clorpirifos la PR es baja, esta variación de respuestas en cuanto a la CL₅₀ y CL₉₅ son explicadas en función de la posición de las líneas de respuesta dosis - mortalidad.

Así, al comparar los resultados de los piretroides entre las dos poblaciones, en la Figura 4.4 vemos como la línea de respuesta dosis - mortalidad de cypermetrina para poblaciones de cucaracha alemana de restaurantes se alejó considerablemente, además de presentar una vertical más pronunciada, lo cual implica que dichas poblaciones ganaron resistencia. Para el caso de los insecticidas organofosforados, en la Figura 4.5 se observa que la

Cuadro 4.6 Proporción de resistencia al nivel de la CL₉₅ entre ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) según su fuente de colecta.

Insecticidas	CL ₉₅ (ppm)		PR
	Casas - habitación	Restaurantes	
deltametrina	1,970	_____ *	_____
cypermetrina	5,806	36,363	6.26X
diazinon	5,918	13,115	2.21X
clorpirifos	15,063	35,367	2.35X
bendiocarb	18,036	_____ *	_____
propoxur	36,810	406,662	11.05X

* No se corrieron por falta de población

línea de las poblaciones de cucarachas de restaurantes tratadas con diazinon se mantiene junto a las líneas de las poblaciones de casas – habitación, en tanto que la de clorpirifos se alejó notoriamente y con una posición más vertical que la de casas – habitación, lo que indica incremento de resistencia a este insecticida. En el caso de los insecticidas carbámicos, en la Figura 4.6 se observa una tendencia similar, ya que la línea de poblaciones de restaurantes tratadas con propoxur se retira de las líneas que son de poblaciones de casas – habitación; no obstante, en este caso la posición es más horizontal.

Con esto queda claro que las poblaciones de ninfas de 5° y 6° estadio de *B. germanica* (L.) que provienen de restaurantes, han desarrollado fuertes

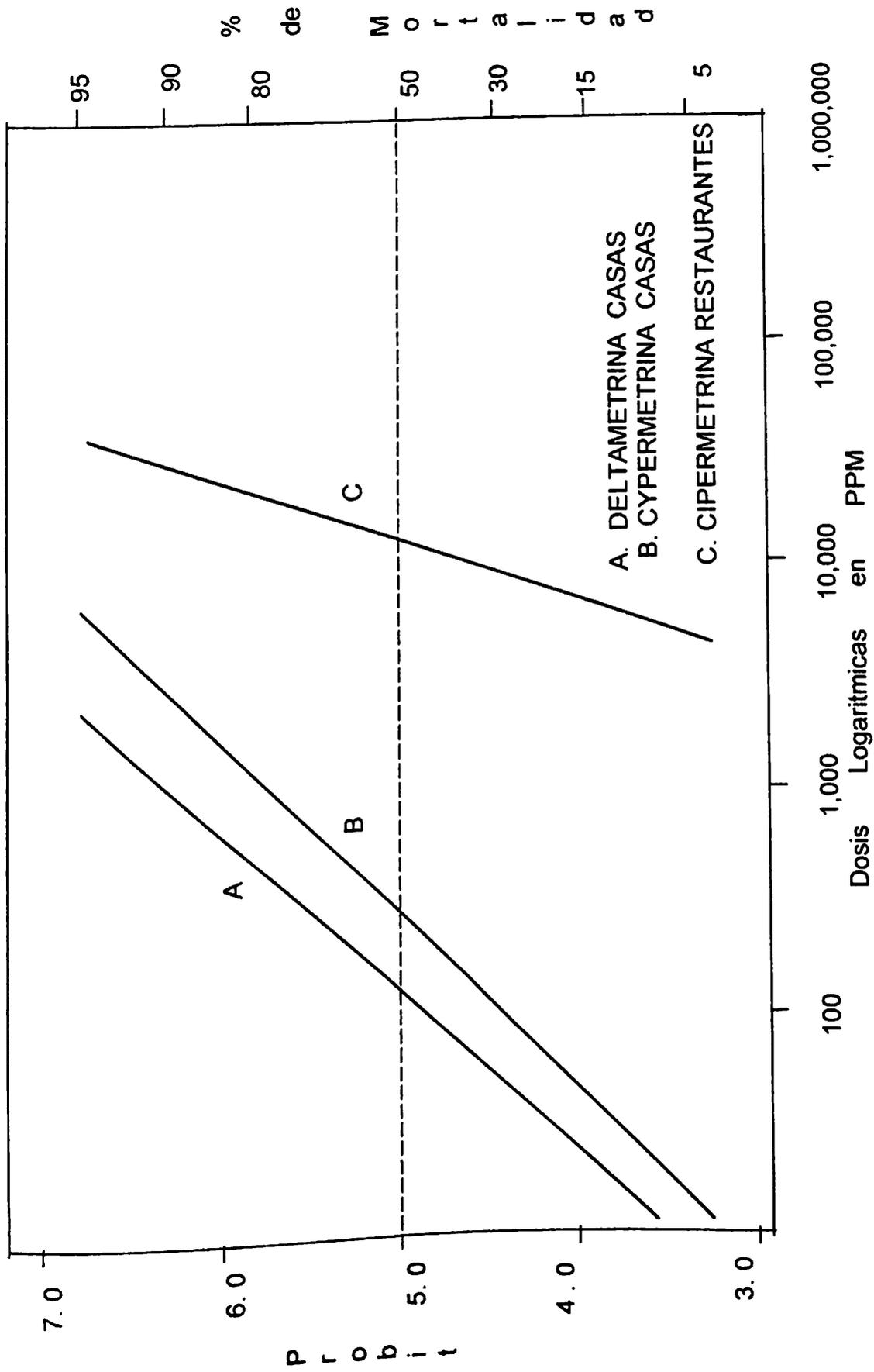


Figura 4.4 Comparación de líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) a piretroides.

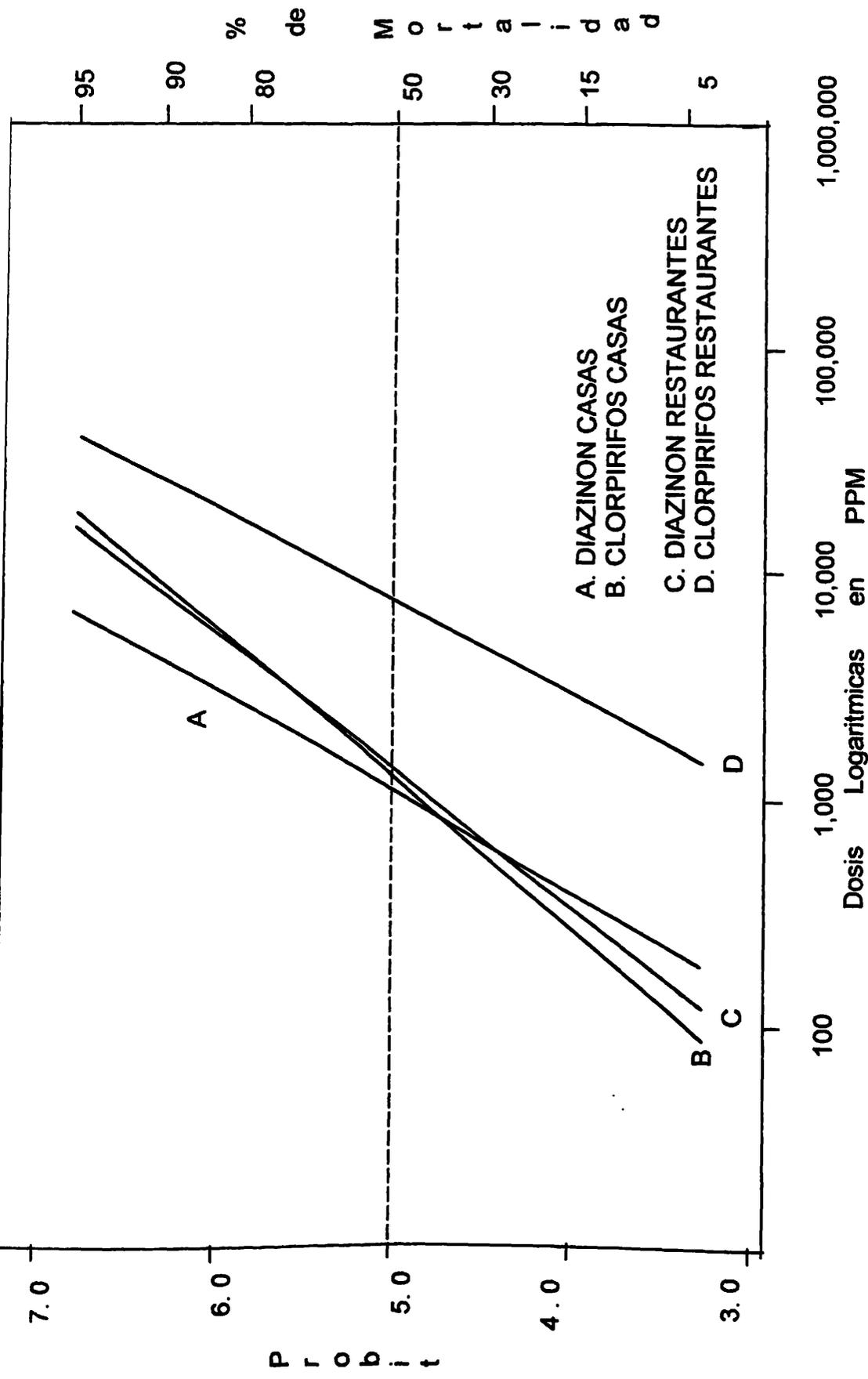


Figura 4.5 Comparación de líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) a fosforados.

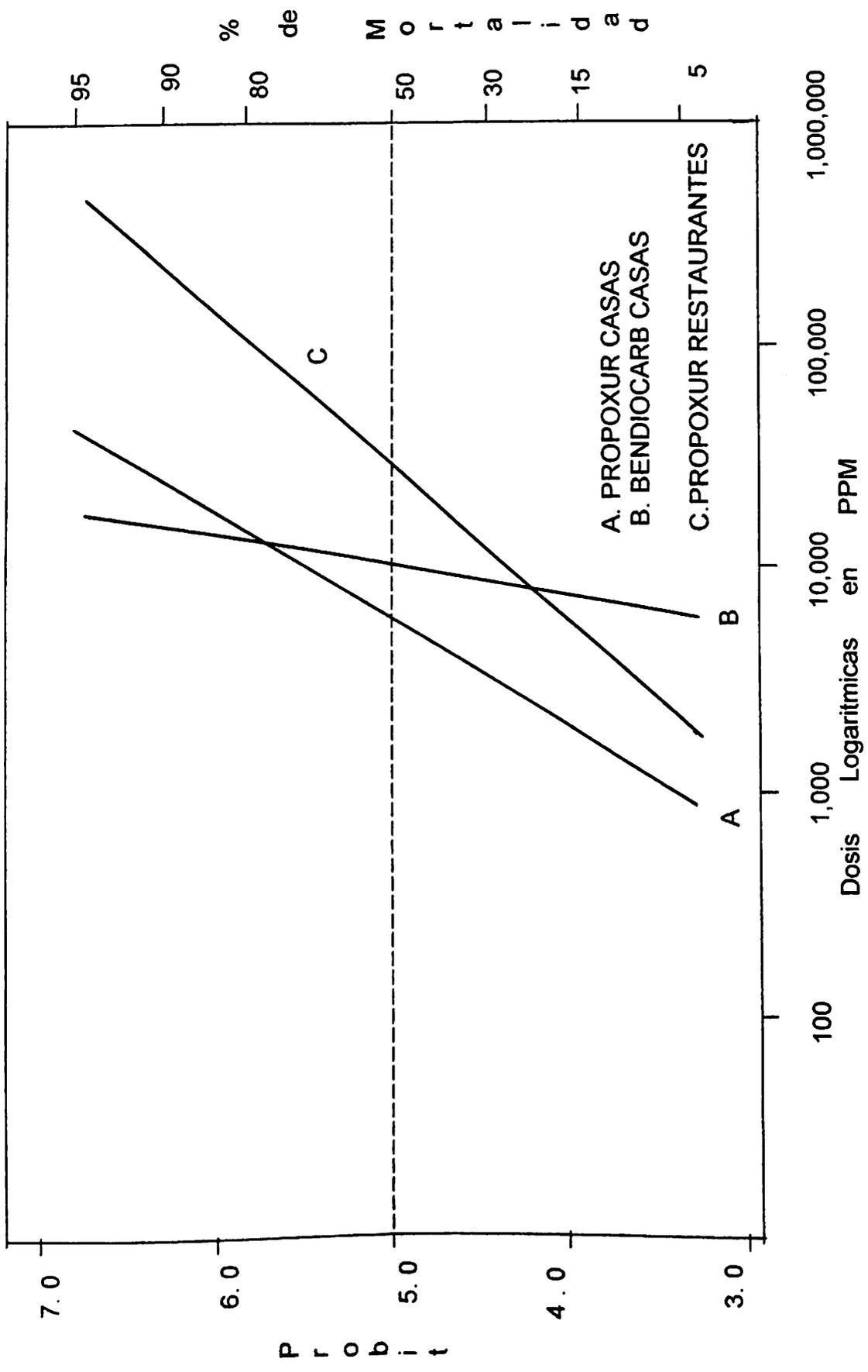


Figura 4.6 Comparación de líneas de respuesta dosis - mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) a carbámicos.

niveles de resistencia a los insecticidas de uso común para su combate, a excepción del diazinon.

DISCUSIÓN

Considerando que el valor de la CL_{50} es el más estandarizado para realizar comparaciones entre poblaciones de individuos y haciendo referencia a la clara diferencia de susceptibilidad que se presentó entre las poblaciones de cucarachas de casas - habitación y las de restaurantes para con los insecticidas piretroides (Cuadros 4.1 y 4.3), es un indicador de que la presión de selección con cypermetrina es mucho más fuerte en los restaurantes; así mismo, aún cuando las poblaciones de cucarachas de casas - habitación y de restaurantes mostraron la menor susceptibilidad a los insecticidas carbámicos, las poblaciones de restaurantes presentaron un aumento excesivo en la tolerancia en el caso particular de propoxur, con lo cual se asume también que este insecticida está siendo utilizado fuertemente por los controladores de plagas o que comparte los mismos mecanismos de resistencia.

Lo anterior refleja un pobre manejo de estas poblaciones; esto es, que no se está llevando a cabo un manejo integrado de plagas adecuado donde se conjunten otras acciones de combate fuera del químico, y aun dentro de esta estrategia, la variabilidad de recursos es muy baja, lo que indica que debe haber una mayor capacitación en el manejo de esta plaga para reducir la

presión de selección y fomentar medidas que causen menos problemas de control a futuro.

Además, tomando en cuenta que Valles *et al.* (1997) y Valles (1998) han reportado casos de resistencia cruzada a estos tres grupos de insecticidas, es posible que esto esté empezando a suceder en las poblaciones de restaurantes de esta ciudad, tal vez por mecanismos múltiples de resistencia como la han afirmado los autores antes citados; sin embargo, esta posibilidad puede quedar en duda considerando la respuesta que tuvieron las poblaciones de restaurantes y de casas – habitación al diazinon, lo cual puede considerarse como una respuesta favorable para tener una alternativa viable en el combate químico de esta plaga urbana. No obstante, tomando el caso particular del insecticida cypermetrina es posible que los mecanismos de resistencia que están actuando, son las esterasas y oxidasas en base a lo que concluyen Hemingway *et al.* (1993) o posiblemente de una manera más concreta, a la actividad de las esterasas como lo señala Valles (1998).

En relación a la respuesta que se obtuvo con las poblaciones de cucarachas de casas - habitación y tomando en cuenta los resultados de los estudios realizados por Scharf *et al.* (1996) y Valles *et al.* (1996), es posible que la notable tolerancia que mostraron a los insecticidas carbámicos se deba a la presencia de las FOM o posiblemente a la actividad de las enzimas glutatión S-transferasas como lo reportan Valles (1998) y Valles *et al.* (1999).

Por lo anterior y considerando que se registró claramente resistencia a los tres grupos de insecticidas evaluados como son fosforados, carbámicos y piretroides, implica que existen varios mecanismos metabólicos involucrados, donde lo más seguro es que al menos este influenciado por las oxidasas, por lo que se sugiere para trabajos futuros, incluir sinergistas propios para cada grupo enzimático y clarificar la causa de la resistencia metabólica.

En los resultados se señaló que los valores obtenidos de r^2 y χ^2 de las poblaciones de cucarachas de casas - habitación no fueron del todo satisfactorios, esto posiblemente es razonable si se considera el hecho de que las cucarachas provienen de diferentes casas y de diferentes zonas de la ciudad, donde obviamente han sido sometidas a diferentes tratamientos químicos o físicos, mientras que las cucarachas de restaurantes están sujetas a un patrón de exposición a insecticidas un tanto más estandarizado y continuo, atribuyendo a esto que los valores de r^2 y χ^2 de estas poblaciones fueron más uniformes.

Por otro lado, es clara la resistencia de las poblaciones de cucarachas en restaurantes con respecto a las de casas - habitación, a lo cual podemos agregar que Hemingway *et al.* (1993) señalan que las poblaciones de cucarachas con niveles de resistencia de $\leq 5X$ no necesariamente implican una falla inmediata en el control de estas; sin embargo, de acuerdo a los resultados de este estudio las poblaciones de restaurantes al nivel de la CL_{50} fueron

49.21X más resistentes que las de casas – habitación a cypermetrina y aún cuando la proporción de resistencia es 6.26X en base a la CL_{95} y hasta de 11.05X en el caso de propoxur, es una señal de aviso evidente de que los problemas de control están presentes o ya se están manifestando por el uso inadecuado de estos insecticidas.

En la Figura 4.3 se puede ver de alguna forma reflejada la intensidad de uso de cada uno de los insecticidas evaluados, lo cual puede representar una forma visual de alternativas con las cuales tomar una posible decisión en el manejo de la cucaracha alemana; así por ejemplo, el cinturón de confianza del insecticida diazinon está considerablemente distante de los cinturones de cypermetrina y propoxur en el caso de las cucarachas de restaurantes, mostrando con esto claramente al insecticida diazinon como el candidato en el control eficiente y racional de *B. germanica* (L.) en restaurantes. Sin olvidar que para esta plaga es necesario incorporar un MIP que incluya otras medidas de control y no basarse exclusivamente en el químico. Por lo que es importante, como ya se señaló, el proporcionar capacitación a los controladores de plagas, advirtiéndolo de ello a las autoridades sanitarias.

CONCLUSIONES

En ninfas de 5º y 6º estadio de *B. germanica* (L.) de las poblaciones provenientes de casas - habitación, los insecticidas deltametrina, cypermetrina y diazinon resultaron ser los más eficaces al causar la mortalidad del 95 por ciento de la población con 1,970, 5,806 y 5,918 ppm respectivamente. En tanto que en las poblaciones de restaurantes el más eficaz fue el diazinon con 13,114 ppm.

Por otro lado, propoxur fue el insecticida menos eficaz tanto en poblaciones de casas - habitación como en las de restaurantes, con una CL_{95} de 36,809 y 406,661 ppm respectivamente.

Al nivel de la CL_{95} , la PR más alta se observó en propoxur con 11.05X y con 6.26gX para cypermetrina, las PR menores se detectaron en diazinon y clorpirifos con 2.21X y 2.35X respectivamente, lo que señala que los fosforados son mejor alternativa para combatir esta especie.

RESUMEN

La cucaracha alemana *Blattella germanica* (L.) es una plaga urbana de gran importancia para al hombre, ya que es capaz de portar una serie de patógenos que pueden ocasionar graves enfermedades en el hombre; así mismo, es causante de problemas serios de alergias.

Dentro de los factores importantes para poder ejercer un manejo adecuado de esta plaga, es conocer que productos son eficaces para su control, por lo tanto el objetivo de esta investigación fue conocer los niveles de susceptibilidad de la cucaracha alemana a insecticidas de uso convencional de tres grupos toxicológicos (organofosforados, carbámicos y piretroides) en poblaciones de *Blattella germanica* (L.) de casas - habitación y de restaurantes de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Los bioensayos se llevaron a cabo en ninfas de 5º y 6º estadio de la cucaracha alemana. Los insecticidas utilizados fueron deltametrina, cypermetrina, diazinon, clorpirifos, propoxur y bendiocarb, estableciendo 6 dosis de cada uno; las aplicaciones se realizaron de manera tópica con acetona depositando un 1 microlitro de producto en el pronotum del insecto, en grupos de 15 individuos por dosis. A las 24 horas se tomaron los registros de

mortalidad, para posteriormente aplicar la fórmula de Abbot cuando era necesario y así poder estimar las CL_{50} y CL_{95} , con un programa computacional probit.

Por otro lado, se determinó la proporción de resistencia entre las poblaciones de cucaracha alemana según su fuente de colecta y se estimó el coeficiente de determinación (r^2) y la estadística chi – cuadrada (χ^2) para comprobar el supuesto modelo.

Las poblaciones de cucaracha alemana de casas – habitación mostraron una marcada diferencia en susceptibilidad a los tres grupos toxicológicos evaluados en base a la CL_{50} , manifestando la mayor susceptibilidad a los insecticidas deltametrina y cypermetrina con 120 y 263 ppm respectivamente, la susceptibilidad más baja fue para propoxur con 5,8059 ppm y bendiocarb con 10,510 ppm, mientras que para diazinon y clorpirifos exhibieron una susceptibilidad intermedia. Considerando la CL_{95} , la deltametrina, cypermetrina y diazinon resultaron ser los más eficaces a 1,970, 5,806 y 5,918 ppm respectivamente.

En el caso de las poblaciones de restaurantes, la susceptibilidad más alta a nivel de la CL_{50} , se presentó con el diazinon con 1,302 ppm, en tanto que la susceptibilidad más baja la manifestó el propoxur con 28,188 ppm. El insecticida más eficaz a la CL_{95} fue el diazinon con 13,114 ppm.

El propoxur resultó ser el menos eficaz a la CL_{95} tanto en poblaciones de casas – habitación como en las de restaurantes con 36,809 y 406,661 ppm respectivamente.

Finalmente, la proporción de resistencia más alta de las poblaciones de cucaracha alemana de restaurantes, la expresaron con 11.05X para el propoxur y con 6.26X para la cypermetrina, mientras que las proporciones de resistencia más bajas las ofrecieron diazinon y clorpirifos con 2.21X y 2.35X respectivamente, indicando con esto que los organofosforados son mejor alternativa en el combate de esta plaga.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Ball, H.J. 1981. Insecticide resistance a practical assessment. *Entomological Soc. of America.* 27 (4):261-262.
- Borror, D. J.; C. A. Triplehorn and N. F. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. 6th edition. Saunders Colleague Publishing. U.S.A. p. 5-11.
- Brattsten, L.B. 1989. Insecticide resistance: research and management. *Pestic. Sci.* 26:329-332.
- Brown, A.W. 1958. Insecticide resistance in arthropods. WHO Monograph Ser. No. 38, Geneva.
- 1960. Mechanisms of resistance against insecticides. *Ann. Rev. Entomol.* 5:301-319.
- Camacho C.,O. 1990. PCProbit Ver. 1.0. Colegio de Postgraduados. Centro de Estadística y Cálculo. Licencia: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.
- Cochran, D.G. 1987. Effects of synergists on bendiocarb and pyrethrins resistance in the german cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 80 (4): 728-732.
- 1993. Decline of pyrethroid resistance in the absence of selection pressure in a population of german cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 86 (6):1639-1644.
- Cutright, C.R. 1959. Rotational use of spray chemicals in insect and mite control. *J.Econ.Entomol.* 52 (3): 432-434. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster.
- Dong, K.; S. M. Valles, M. E. Scharf, B. Zeichner and G. W. Bennett. 1998. The knockdown resistance (*kdr*) mutation in pyrethroid – resistant german cockroaches. *Pesticide Biochem.Physiol.* 60, 195 – 204.

- Ebeling, W. 1975. Urban entomology. University of California, Division of Agricultural Sciences. Riverside, California, U.S.A. 695 p.
- Georghiou, G.P. 1965. Genetic studies on insecticide resistance. *Adv. Pest Control Res.* 6:171-230.
- _____ 1987. Insecticides and pest resistance: the consequences of abuse. In 36th Faculty Research Lecturer. University of California, Riverside, California. p. 1-27.
- _____ and T. Saito. 1983. Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York and London. 809 p.
- Harwood, R. F. y M. T. James. 1987. Entomología médica y veterinaria. Primera edición. Editorial Limusa . México. 615 p.
- Hassall, K. A. 1990. The biochemistry and uses of pesticides. 2nd Edition. MacMillan Press Ltd. Houndmills and London. 536 p.
- Hemingway, J.; G.J. Small and A.G. Monro. 1993. Possible mechanisms of organophosphorus and carbamate insecticide resistance in german cockroaches (Dyctyoptera:Blattelidae) from different geographical areas. *J.Econ.Entomol.* 86(6): 1623-1630.
- _____ S.J. Dunbar, A.G. Monro and G.J. Small. 1993. Pyrethroid resistance in german cockroaches (Dyctyoptera:Blattelidae): resistance levels and underlying mechanisms. *J.Econ.Entomol.* 86(6): 1631-1638.
- Hostetler, M. E. and R. J. Brenner. 1994. Behavioral and physiological resistance to insecticides in the german cockroach (Dyctyoptera:Blattellidae): an experimental reevaluation. *J.Econ.Entomol.* 87(4): 885-893.
- Koehler, P. G. and D. E. Short. 1993. Pests in and around the Florida home. 1st edition. Florida Cooperative Extension Service. 320 p.
- Lagunes, T.A. y J.A. Villanueva. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 264 p.
- Lyon, W. 1997. German cockroach. Ohio State University Extension. Factsheet No. HYG-2099-97 Columbus, Ohio. 4 p.
- Matsumura, F. 1985. Toxicology of insecticides. 2nd Edition. Plenum Press. New York and London. 598 p.

- Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1962. Insectos destructivos e insectos útiles: sus costumbres y su control. Traducción de la 4ª Edición. Editorial Continental, S.A. de C.V. México. 1208 p.
- O'Brien, R.D. 1967. Insecticides action and metabolism. Academic Press. New York and London.332 p.
- Ogg, B.; D. Ferraro and C. Ogg. 1995. Cockroach control manual. 1st Edition. University of Nebraska Cooperative Extension. Lincoln, Nebraska. 91 p.
- Pedigo, L. P. 1991. Entomology and pest management. MacMillan Publishing Company. New York. p.1,13,14.
- Plapp, F.W. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. Ann. Rev. Entomol. 21:179-197.
- Ross, M. H. and D. G. Cochran. 1992. Strain differences in the response of german cockroaches (Dictyoptera:Blattellidae) to emulsifiable concentrates. J.Econ.Entomol. 85 (4):1201-1208.
- Roush, R.T. and J.A. McKenzie. 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. Ann. Rev. Entomol. 32: 361-380.
- Rust, M. K.; J. M. Owens and D. A. Reiersen. 1995. Understanding and controlling the german cockroach. Oxford University Press. Oxford. 430 p.
- Scharf, M. E.; J. Hemingway, B. L. Reid, G. J. Small and G. W. Bennett. 1996. Toxicological and biochemical characterization of insecticide resistance in a field - collected strain of *Blattella germanica* (Dictyoptera:Blattellidae). J.Econ.Entomol. 89 (2):322-331.
- Siegfried, B. D. and J. G. Scott.1992. Biochemical characterization of hydrolytic and oxidative enzymes in insecticide resistant and susceptible strains of the german cockroach (Dictyoptera:Blattellidae). J.Econ.Entomol. 85(4):1092-1098.
- Tabashnik, B.E. 1989. Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence and recommendations. J.Econ.Entomol. 82 (5): 1263-1269.
- Valles, S. M. 1998. Toxicological and biochemical studies with field populations of the german cockroach, *Blattella germanica*. Pesticide Biochem. Phisiol. 62,190-200.

- _____ and S. J. Yu. 1996. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the german cockroach (Dictyoptera:Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 89(1):21-26.
- _____ and R. J. Brenner. 1999. Variation in hydramethylnon susceptibility among insecticide – resistance german cockroaches (Blattodea:Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 92(3): 617-623.
- _____ S. J. Yu and P. G. Koehler.1996. Biochemical mechanisms responsible for stage – dependent propoxur tolerance in the german cockroach. *Pesticide Biochem.Physiol.* 54: 172-180.
- _____ P. G. Koehler and R. J. Brenner. 1997. Antagonism of fipronil toxicity by piperonyl butoxide and S,S,S-tributyl phosphorotrithioate in the german cockroach (Dictyoptera:Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 90(5):1254-1258.
- _____ P. G. Koehler and R. J. Brenner. 1999. Comparative insecticide susceptibility and detoxification enzyme activities among pestiferous Blattodea. *Comp. Biochem. Physiol.* 124: 227-232.
- Ware, G. W. 1988. Complete guide to pest control: with and without chemicals. 2nd edition. Thomson Publications Fresno, California. 304 p.
- _____ 1994. The pesticide book. Thomson Publication, Fresno, California, U.S.A. 384 p.
- Zhai, J. and W. H. Robinson. 1992. Measuring cypermethrin resistance in the german cockroach (Orthoptera:Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 85(2): 348-351.
- _____ and W. H. Robinson. 1996. Instability of cypermethrin resistance in a field population of the german cockroach (Orthoptera:Blattellidae). *J.Econ.Entomol.* 89(2): 332-336.

A P E N D I C E S

APENDICE A

BIOENSAYOS CON POBLACIONES DE CASAS - HABITACION

Cuadro A.1 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas - habitación en aplicación tópica de deltametrina.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
50	15	3	20.00
100	15	9	60.00
200	16	10	62.50
400	15	12	80.00
500	15	11	73.33
850	15	13	86.66

Cuadro A.2 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas - habitación en aplicación tópica de cypermetrina.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
250	16	6	37.50
350	15	10	66.66
800	15	11	73.33
1,000	15	12	80.00
2,000	15	12	80.00
3,000	15	14	93.33
5,000	15	14	93.33

Cuadro A.3 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas – habitación en aplicación tópica de diazinon.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de * mortalidad
TESTIGO	15	1	
300	15	4	21.42
600	14	3	14.29
1,000	15	8	50.00
3,000	15	13	85.70
4,500	15	14	92.85

* Porcentaje de mortalidad corregida con la fórmula de Abbott

Cuadro A.4 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas – habitación en aplicación tópica de clorpirifos.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de * mortalidad
TESTIGO	16	2	
300	15	4	16.18
600	15	9	54.28
1,000	15	5	23.80
3,000	16	12	71.42
6,000	16	13	78.57
7,000	17	16	93.26
8,000	17	16	93.26

* Porcentaje de mortalidad corregida con la fórmula de Abbott

Cuadro A.5 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas - habitación en aplicación tópica de bendiocarb.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de * mortalidad
TESTIGO	13	1	
8,000	15	5	27.77
10,000	14	4	22.61
11,000	15	10	63.88
13,000	15	12	78.33

* Porcentaje de mortalidad corregida con la fórmula de Abbott

Cuadro A.6 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de casas - habitación en aplicación tópica de propoxur.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de * mortalidad
TESTIGO	15	1	
3,000	15	5	28.57
4,500	15	7	42.85
6,000	16	8	46.43
10,000	14	9	61.73
12,000	17	14	81.09

* Porcentaje de mortalidad corregida con la fórmula de Abbott

A P E N D I C E B

BIOENSAYOS CON POBLACIONES DE RESTAURANTES

Cuadro A.7 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de restaurantes en aplicación tópica de cypermetrina.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
5,000	15	1	6.66
8,000	16	4	25.00
13,000	14	5	36.71
15,000	15	11	73.33
20,000	16	11	68.75
30,000	17	16	94.11

Cuadro A.8 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de restaurantes en aplicación tópica de diazinon.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
2,000	15	9	60.00
4,000	15	12	80.00
8,000	16	15	93.75
10,000	15	14	93.33
12,000	15	14	93.33
13,000	15	14	93.33

Cuadro A.9 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de restaurantes en aplicación tópica de clorpirifos.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
4,000	15	4	26.66
9,000	15	9	60.00
15,000	15	10	66.66
17,000	15	12	80.00
20,000	15	14	93.33

Cuadro A.10 Datos obtenidos del bioensayo con ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) provenientes de restaurantes en aplicación tópica de propoxur.

Dosis (ppm)	Individuos tratados	Individuos muertos	Porcentaje de mortalidad
TESTIGO	15	0	0.00
6,000	15	3	20.00
10,000	15	3	20.00
14,000	15	5	33.33
20,000	15	7	46.66
27,000	15	7	46.66

A P E N D I C E C

ECUACIONES DE PREDICCIÓN

Cuadro A.11 Ecuaciones de predicción de las líneas de regresión dosis – mortalidad de ninfas de 5° y 6° estadio de *Blattella germanica* (L.) según su lugar de colecta.

Insecticidas	Casas - Habitación	Restaurantes
deltametrina	$Y = 2.1828 + 1.3543X$	----- *
cypermetrina	$Y = 2.0381 + 1.2239X$	$Y = -10.0764 + 3.6664X$
diazinon	$Y = -1.6013 + 2.1860X$	$Y = -0.1082 + 1.6399X$
clorpirifos	$Y = 0.4029 + 1.4940X$	$Y = -4.3630 + 2.4200X$
bendiocarb	$Y = -23.2076 + 7.0139X$	----- *
propoxur	$Y = -2.7652 + 2.0609X$	$Y = -1.3146 + 1.4189X$

* No se corrieron por falta de población