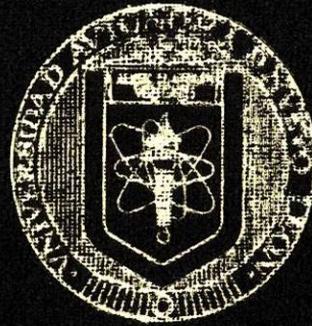


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



RESISTENCIA DE LA CUCARACHA ALEMANA,
BLATELLA GERMANICA (L.) A INSECTICIDAS,
EN HOSPITALES DE MONTERREY, N. L., MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

LUIS ROBERTO LEOS MARTINEZ

MONTERREY, N. L.

OCTUBRE DE 1991

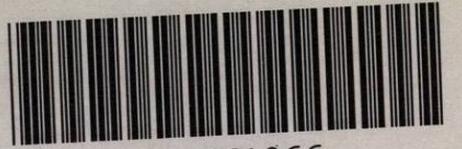
T

QL505

.62

L4

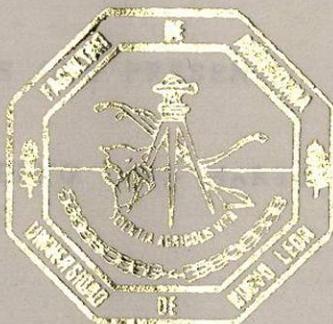
C.1



1080061966

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



RESISTENCIA DE LA CUCARACHA ALEMANA,
BLATELLA GERMANICA (L.) A INSECTICIDAS,
EN HOSPITALES DE MONTERREY, N. L., MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

LUIS ROBERTO LEOS MARTINEZ

10846^M

MONTERREY, N. L.

OCTUBRE DE 1991

T
QL 505
.62
L4

040.648

FA1

1991

C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. TESKS

RESISTENCIA DE LA CUCARACHA ALEMANA,
BLATELLA GERMANICA (L.) A INSECTICIDAS,
EN HOSPITALES DE MONTERREY, N.L., MEXICO

TESIS QUE PRESENTA

LUIS ROBERTO LEOS MARTINEZ

Como requisito parcial para
obtener el título de:

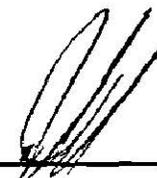
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Esta tesis fué realizada dentro del Programa de Investigación sobre Plagas de Productos Almacenados del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

COMISION REVISORA:



Ph.D. JOSUE LEOS MARTINEZ
Asesor Principal



ING. JOSE LUIS MARTINEZ M.
Asesor Auxiliar

T
QL505
.62
L4

DEDICATORIA

PARA MI ESPOSA:

Lic. ROSA DELIA YEVERINO DE LEOS

**Con amor y agradecimiento por su ayuda, estímulo y paciencia
que depositó en mí, para la culminación de la presente tesis.**

PARA MI HIJA:

EVA KARINA

PARA MI PADRE:

Señor Don

PRUDENCIO LEOS DENA

Cuyo ejemplo de laboriosidad imprimió en mí
fortaleza y carácter para llegar a una de mis
más grandes aspiraciones, como profesional y como hombre.

PARA MI MADRE:

Señora Doña

FRANCISCA MARTINEZ DE LEOS

Que al darme el ser, con su abnegación,
es y será un faro perenne de amor y de
luz en mi familia.

PARA MIS HERMANOS:

LAURA

PORFIRIO

RUTH

JOSUE

FRANCISCO

VICTOR MANUEL

MERCEDES

EVA ELIZABETH

SARA GUADALUPE

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON.

A MI FACULTAD DE AGRONOMIA.

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS:

Quienes a través del tiempo, demostraron
una verdadera amistad.

AL DR. FREDERICK W. PLAPP Jr. DE TEXAS A&M UNIVERSITY

Por su apoyo científico y por la donación de insecticidas.

A FUMIGACIONES RANGEL DE MONTERREY S.A. de C.V.

Por su apoyo y ayuda económica para la realización
de la presente tesis.

A MI ASESOR Y HERMANO:

Ph.D. JOSUE LEOS MARTINEZ

Con admiración y gratitud por su valiosa asesoría;
ya que con sus conocimientos y dedicación pude llegar
a la culminación del presente trabajo.

A MI CUÑADA:

Sra. GUADALUPE F. ARREOLA DE LEOS

Por su bondad, apoyo y cooperación

INDICE

	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	1
2. LITERATURA REVISADA.....	3
2.1. La Cucaracha Alemana, <i>Blatella germanica</i> (L.).....	3
2.1.1. Importancia.....	3
2.1.2. Descripción.....	5
2.1.3. Biología y Hábitos.....	6
2.2. Resistencia de los Insectos a los Insecticidas.....	7
2.3. Resistencia de la Cucaracha Alemana a Insecticidas.	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
5. CONCLUSIONES	45
6. RECOMENDACIONES	47
7. BIBLIOGRAFIA.....	48

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Insecticidas probados para estudiar la resistencia de colonias de <i>B. germanica</i> en Monterrey, N.L., México.....	21
2	Dosis de Insecticidas probadas para obtener el TL ₅₀ de varias colonias de <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	22
3	Tiempo Letal Medio (TL ₉₀ , en minutos) y Grados de Resistencia (GR) en colonias de cucarachas <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México, con varios insecticidas.....	25
4	Intervalos de confianza (95%) del Tiempo Letal Medio (TL ₅₀ , en minutos) en cinco colonias de cucarachas <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México con varios insecticidas.....	26
5	Tiempo Letal Noventa (TL ₉₀ , en minutos) y Grados de Resistencia (GR) en colonias de cucarachas <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México, con varios insecticidas.....	27
6	Parámetros de la ecuación Probit para cada colonia de <i>B. germanica</i> con cada insecticida.....	28
7	Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL ₅₀ y TL ₉₀ en minutos) en una colonia de <i>B. germanica</i> , denominada INDECO y colectada en Monterrey, N.L., México.....	41
8	Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL ₅₀ y TL ₉₀ en minutos) en una colonia de <i>B. germanica</i> denominada C4-C y colectada en Monterrey, N.L., México.....	42
9	Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL ₅₀ y TL ₉₀ en minutos) en una colonia de <i>B. germanica</i> , denominada C25-C, y colectada en Monterrey, N.L., México.....	43
10	Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL ₅₀ y TL ₉₀ en minutos) en una colonia de <i>B. germanica</i> , denominada C25-P y colectada en Monterrey, N.L., México.....	44

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Malatión en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	29
2	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Diazinón en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	31
3	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Clorpirifos en contra de cinco colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	32
4	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Acefate en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	34
5	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Propoxur en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	35
6	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Bendiocarb en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	37
7	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Cipermetrina en contra de cinco colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	38
8	Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para Deltametrina en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, <i>B. germanica</i> de Monterrey, N.L., México.....	39

RESUMEN

En Monterrey, N.L., México, se tienen problemas para controlar a la cucaracha Alemana, *Blatella germanica*, siendo la resistencia a insecticidas una de las posibles razones. En este estudio, se evaluó la resistencia a ocho insecticidas de cuatro colonias de cucarachas colectadas en tres hospitales del área (C4-C, C25-C, C25-P y MU-C), en comparación con una colonia susceptible obtenida en una casa-habitación (INDECO). Se usó el método de mortalidad-tiempo; con análisis Probit y pruebas de t.

El malati6n fu6 el insecticida para el que la resistencia fu6 m6s alta, con un GR de 110.2 en C25-P. Para diazin6n se tuvo baja resistencia: m6ximo GR de 2.2 en C4-C. Para clorpirifos hubo desde nula hasta moderada resistencia: con GR de 1.4 en C25-P a 2.9 en MU-C. La resistencia a acefate pareci6 ser moderada por lo tardado de su efecto, pero el tiempo a mortalidad total fu6 similar en las colonias de los hospitales y en la colonia susceptible. Para propoxur no hubo resistencia. En cambio para bendiocarb existi6 nula, moderada y muy alta resistencia. La resistencia a cipermetrina fu6 alta (GR=38.4) en MU-C y cercana a GR=10 en las otras tres colonias. Para deltametrina se registr6 muy alta resistencia, ocupando el segundo lugar despu6s del malati6n.

ABSTRACT

Problems to control the German cockroach, *Blattella germanica* exist in Monterrey, N.L., Mexico, being the resistance to insecticides one of the possible reasons. In this study, the resistance to eight insecticides from four strains collected in three hospitals from the area (C4-C, C25-C, C25-P and MU-C), was evaluated in comparison with a strain collected in a house (INDECO). The method of time-mortality was used, with Probit analysis and t tests.

Malathion was the insecticide for which the highest resistance was observed, with a GR of 110.2 in C25-P. There was low resistance to diazinon: a maximum GR of 2.2 in C4-C. There was from null to moderate resistance to chlorpyrifos: with GR of 1.4 in C25-P and GR of 2.9 in MU-C. The resistance to acephate seemed to be moderate because of its delayed effect; however, the time to total mortality was similar in the strains from hospitals and in the susceptible strain. There was no resistance to propoxur. On the other hand, for bendiocarb, null, moderate and high resistance existed. The resistance to cypermethrin was high (GR=38.4) in MU-C and close to GR=10 in the other three strains. A very high resistance was registered to deltamethrin, getting the second place only after malathion.

1. INTRODUCCION

La cucaracha Alemana, *Blattella germanica* (L.) es la plaga urbana más importante del mundo. Se le controla principalmente con aplicaciones de insecticidas programadas y continuas y ha adquirido resistencia a muchos productos químicos.

En Monterrey, N.L., México, se tienen serios problemas para controlar esta plaga; particularmente en lugares bajo tratamientos químicos continuos. Una de las causas de estas fallas en el control, puede ser la resistencia de la cucaracha a los insecticidas. Hasta antes de este estudio, no se tenía información formal que confirmara que la resistencia existe en Monterrey.

En el presente estudio, se evaluó la resistencia a malatión, diazinón, clorpirifos, acefate, propoxur, bendiocarb, cipermetrina y deltametrina, de cuatro colonias de *B. germanica* provenientes de tres hospitales del área metropolitana de Monterrey; en comparación con una colonia susceptible, obtenida de una casa-habitación.

Las hipótesis fueron:

Algunas poblaciones de *B. germanica* provenientes de hospitales de Monterrey, N.L., han desarrollado resistencia a algunos insecticidas comunes.

El grado de resistencia de las poblaciones de *B. germanica* de hospitales de Monterrey es diverso y particular para cada insecticida y cada localidad.

2. LITERATURA REVISADA

2.1. La Cucaracha Alemana, *Blatella germanica* (L.)

2.1.1. Importancia

La cucaracha Alemana se reconoce como el problema entomológico mas comun en casas-habitación, hospitales, restaurantes, plantas de alimentos, procesadoras y empacadoras de carne, etc. Su importancia se deriva de su simple presencia molesta, del daño directo que hace a materiales diversos, de la contaminación que causa en alimentos y de su capacidad alergénica (Ebeling, 1975).

El mas frecuente agravante en contra de la cucaracha Alemana es su sola presencia. Existen reacciones de miedo, asco y nerviosismo al ver a una cucaracha. Además, como a este insecto se le relaciona con falta de higiene, su presencia lleva a problemas desde leves, como la pena del ama de casa frente a sus visitas, hasta graves como la pérdida de clientes, devoluciones y demandas legales que sufren los negocios que manejan alimentos.

El daño directo que puede hacer la cucaracha Alemana es muy variado. Consumen cualquier alimento o bebida para humanos y animales. Aunque la pérdida de peso de los alimentos infestados con la cucaracha Alemana no es de mucha consideración, la importancia se agranda cuando los alimentos se tienen que tirar por

inservibles. Esta cucaracha también consume animales muertos, cuero, pelo, materiales de planta, telas, papel tapíz, goma y el almidón del empastado de libros. Las poblaciones abundantes dejan un olor desagradable en los objetos con los que entran en contacto (Ebeling, 1975).

Los alimentos contaminados con cuerpos excrementos o secreciones salivales de la cucaracha Alemana adquieren un olor y sabor desagradables. Además, es repugnante para cualquiera el encontrar una cucaracha o parte de ella en el alimento. Otro problema de la contaminación de alimentos con cucarachas es la transmisión de organismos que causan enfermedades en humanos y animales. Las cucarachas se han implicado frecuentemente con el acarreo de la bacteria *Salmonella* la cual sobrevive varios años en los excrementos de las cucarachas que contaminan el alimento. También se ha aislado el protozoario *Toxoplasma* del tracto digestivo y excremento de cucarachas que consumieron excremento de gato infectado con la enfermedad (Ebeling, 1975). Hacen falta más estudios, pues hasta ahora sólo se certifica que acarrean agentes causales de enfermedades en el exterior o interior de su cuerpo, pero su papel directo en la transmisión de enfermedades en humanos es desconocida (Hamman y Owens, 1981).

Algunas personas son alérgicas a las cucarachas. En un estudio para determinar a qué edad se inicia la reacción cutánea a los extractos de cucarachas de *Blattella germanica*, el 37% de

los niños alérgicos estudiados (1- 12 años de edad) dieron reacciones positivas; comparado con sólo un 5% en los niños no alérgicos. Un niño asmático de 4 años fué el sujeto más joven que mostró reacción positiva. Otra investigación ha demostrado que en personas asmáticas con hipersensitividad cutánea, un extracto de cucaracha Alemana causa un ataque de asma. Las substancias alérgicas en los excrementos de *Blattella germanica* actúan al ingerirse en los alimentos o al inhalarse cuando se hacen polvo (Bernton, Bernton y Brown, citados por Ebeling, 1975).

2.1.2. Descripción

Los adultos de la cucaracha Alemana miden 1.3 a 1.6 cm de largo; son de color café pálido y tienen dos líneas paralelas oscuras en el pronoto. Tienen alas completas pero rara vez vuelan. Las hembras son más oscuras y tienen el abdomen más ancho que los machos y redondeado posteriormente. Los cercos de las hembras son de 12 segmentos y los de los machos de 11.

Las hembras producen cápsulas de huevecillos llamadas ootecas. Las ootecas miden 8 x 3 mm y los huevecillos están ubicados en dos líneas paralelas. Usualmente hay 30 a 40 huevecillos por ooteca.

Las ninfas pasan por 6 o 7 estadios y como en todos los insectos de metamorfosis gradual, no hay cambios abruptos en

aparición entre los diferentes instares hasta llegar a adultos, cuando ya aparecen las alas. El primer instar mide sólo 3 mm de largo. Es gris oscuro a casi negro, excepto por el segundo y tercer segmentos torácicos que son café pálido; ésta banda clara caracteriza a las ninfas de primer instar. En los siguientes estadios, la banda se hace más angosta y se alarga longitudinalmente; el resto del cuerpo es más oscuro que en los adultos. (Ebeling, 1975; Hamman y Turney, 1981).

2.1.3. Biología y Hábitos

El ciclo de vida de la cucaracha Alemana varía de 54 a 215 días con un promedio de 103 a 24.4 °C. A temperaturas más altas (35 °C) el ciclo se ha completado en alrededor de 60 días. El adulto vive un promedio de 200 días. La hembra produce su primer ooteca 11 o 12 días después de haberse hecho adulta y llega a producir hasta ocho cápsulas con un promedio de cuatro o cinco. La ooteca permanece unida a la hembra por alrededor de un mes. Hasta uno o dos días antes de que esté lista para que los huevecillos eclosionen; en ocasiones las ninfas nacen cuando la ooteca aun está adherida a la hembra. De cada ooteca emerge un promedio de 30 ninfas en un promedio de 28 días a temperatura de laboratorio; pero a 35 °C la eclosión de los huevecillos es en 14 días. La mayor mortalidad ocurre al momento de mudar, especialmente cuando pasan al estado adulto (Gould y Deay, Ross, citados por Ebeling, 1975).

La cucaracha Alemana forma colonias en grietas y hendiduras. El adulto prefiere grietas de 4.8 mm, pero puede moverse en espacios de hasta 1.6 mm, donde las ninfas se congregan. Su habitat son los lugares húmedos, calientes y oscuros, particularmente las cocinas y sanitarios. Cuando la población crece demasiado, las cucarachas prefieren abandonar las buenas condiciones ambientales para evitar la aglomeración y salen en busca de nuevos lugares favorables (Ebeling, 1975).

2.2. Resistencia de los Insectos a los Insecticidas.

La Organización Mundial de la Salud definió (WHO, 1957) el fenómeno de resistencia, de la siguiente manera: "La resistencia a insecticidas es el desarrollo de la habilidad en una raza de insectos de tolerar dosis de substancias tóxicas que serían letales para la mayoría de los individuos en una población normal de la misma especie". Básicamente, se refiere a una disminución medible en la efectividad de un plaguicida particular: la misma cantidad de plaguicida aplicado bajo condiciones comparables no mata un porcentaje grande de la población como antes lo hacía.

La resistencia es de naturaleza genética: es heredable. Se produce por selección de individuos dentro de una población. El agente de selección es el insecticida. Al hacer una aplicación, mueren la mayoría de los individuos expuestos, pero los pocos que sobreviven (los seleccionados) son resistentes por naturaleza.

Como de los sobrevivientes se produce una nueva generación, ésta hereda la característica de resistencia que permitió vivir a sus progenitores.

La resistencia no debe confundirse con la tolerancia. Este mecanismo se produce cuando un individuo se hace menos sensible a un plaguicida como resultado de exposiciones continuas a dosis subletales. La tolerancia no puede pasarse a la descendencia. Es desafortunado el hecho de que muchas personas relacionan la resistencia de los insectos con el proceso de inmunización de los humanos a las enfermedades mediante vacunas. La resistencia no se parece a una inmunización. Un insecto individual es resistente o nó; no puede hacerse resistente durante su vida ni aunque se exponga a dosis subletales.

La resistencia más común y conocida es la denominada "resistencia fisiológica". En este caso, los insectos sobreviven porque poseen uno o varios mecanismos fisiológicos o bioquímicos en los cuales son más eficientes que los insectos susceptibles de la misma especie. Los insectos resistentes son capaces de retardar más efectivamente la velocidad de penetración del insecticida dentro del cuerpo como sucede con la resistencia de la cucaracha Alemana a diazinón y DDT (Collins, 1973) o de eliminarlo o detoxificarlo más rápidamente por poseer un sistema enzimático de doblamiento químico específico. Este es el mecanismo más común y ocurre particularmente cuando el insecticida es un carbamato o un

organofosforado. Otro mecanismo fisiológico de resistencia es la disminución de la sensibilidad en el sitio de acción del insecticida; éste es particular de los compuestos denominados piretroides y del DDT (Osborne y Hart, 1979, Scott y Matsumura, 1981, Hooper, 1969).

Otro tipo de resistencia menos frecuente es la "resistencia por comportamiento". En esta situación, el insecto evita las superficies tratadas con el plaguicida o no permanece en ellas el tiempo suficiente para que se cause la muerte. Con ese tipo de resistencia, la solución no necesariamente se obtiene al cambiar el plaguicida.

El desarrollo de la resistencia se acelera bajo ciertas condiciones relacionadas con el insecticida y con el insecto. Por ejemplo, si se usan insecticidas a dosis muy altas, y aplicaciones frecuentes y con largo poder residual, se somete la población de insectos a una presión de selección intensa. En general, cualquier factor relacionado con el insecticida que aumente la presión de selección, acelera el desarrollo de la resistencia. En relación al insecto, un ciclo de vida corto favorece el desarrollo de la resistencia pues como cada generación está sujeta a una selección, especies con muchas generaciones al año sufren muchas selecciones. Un alto grado de reproducción, y el ser no-sociales y capaces de moverse de una localidad a otra, son factores del insecto que también hacen que la resistencia se desarrolle

rápidamente.

Existe un fenómeno conocido como "resistencia cruzada" que se asigna cuando la resistencia a un insecticida confiere resistencia a otros productos a pesar de que los insectos nunca se hayan expuesto a ellos. Este fenómeno es más común entre compuestos de un mismo grupo químico, pero si se hace una selección continua, puede haber resistencia cruzada entre compuestos de diversos grupos químicos (Collins, 1973). Se puede decir, que el desarrollo de nuevos compuestos insecticidas no necesariamente es la solución inmediata al problema de la resistencia: podría haber resistencia para ellos desde la primera vez que se usaran.

La resistencia de una colonia de insectos puede determinarse con tres criterios diferentes: dosis letal media (DL50), concentración letal media (CL50), y tiempo letal medio (TL₅₀). La DL50 es la cantidad de material que aplicado tópicamente mata al 50% de los individuos tratados. La CL50 es la cantidad de material que aplicado en una superficie mata al 50% de los individuos expuestos. El TL₅₀ es el período de tiempo en que muere el 50% de los individuos tratados con, o expuestos a, una cierta dosis de material.

La resistencia es un término relativo. Al señalar un cierto grado de resistencia en una población de insectos, siempre se hace en comparación con una población susceptible. La población

susceptible puede ser una que "nunca" haya sido directamente expuesta a productos insecticidas. Para algunos insectos se cuenta con colonias susceptibles standards, criadas en laboratorios, que los investigadores usan como base para sus estudios de resistencia. Para la cucaracha Alemana se tienen las colonias susceptibles standards: Warf Hazard, CSMA, Orlando Normal, OSU, Rutgers y otras (Collins, 1973; Reiersen et al. 1988; Scott y Matsumura, 1983).

Una vez que se hacen las pruebas para determinar el valor de la DL₅₀, la CL₅₀ o el TL₅₀ tanto en la colonia susceptible como en las colonias candidatas a ser resistentes se usa una fórmula básica que determina el Grado de Resistencia (GR). Este dato es el número de veces que la colonia candidata es más resistente que la colonia susceptible. La fórmula es la misma para cualquiera de los tres criterios de evaluación; aquí se anota para DL₅₀.

$$GR = \frac{\text{DL}_{50} \text{ de la colonia resistente}}{\text{DL}_{50} \text{ de la colonia susceptible}}$$

Si el Grado de Resistencia (GR) es de 1 a 2, significa que existe nula o muy poca resistencia, a pesar de que la diferencia con el standard sea significativa. Un valor mayor que de 2 indica niveles crecientes de resistencia. Se dice que valores de 2 a 3 pueden ser tolerados, pero por arriba de 4 ya hay problemas

de control. Se denomina alta resistencia cuando el valor es mayor de 10. Una población de cucarachas con un grado de resistencia superior a 60 es incontrolable con tal producto.

2.3. Resistencia de la Cucaracha Alemana a Insecticidas.

Los primeros hallazgos de resistencia de la cucaracha Alemana a insecticidas se dieron a principios de la década de los 50's. Heal et al. (1953) reportaron una colonia resistente al insecticida organoclorado llamado clordano en Corpus Cristi, Texas. La resistencia fué tan alta y tan generalizada geográficamente que el clordano ya no fué efectivo y dejó de usarse, cuando que por ese tiempo había sido el material más común para control de cucarachas. Otros insecticidas clorados como el dieldrín y el aldrín, también dejaron de ser efectivos debido a la resistencia cruzada. En este tiempo, poca gente entendió la relevancia de este evento, que fué el inicio de un proceso contínuo que aún causa problemas serios de control.

Con el uso extensivo de los insecticidas organofosforados y carbamatos, el problema de la resistencia se hizo manifiesto de nuevo. En los 60's, reportó un nivel moderado de resistencia al organofosforado diazinón, que luego se vió que había conferido resistencia cruzada a algunos otros organofosforados, y carbamatos como el propoxur. También apareció un alto nivel de resistencia al organofosforado malatión; en este caso, la resistencia

fué muy específica (Grayson, 1963; Cochran, 1973a; Bennett y Spink, 1968).

El fenómeno de resistencia de la cucaracha Alemana a los carbamatos más usados, el bendiocarb y el propoxur es interesante. En una colonia de cucarachas colectada en un gran complejo habitacional de Baltimore, Maryland, E.U.A., se detectó un alto nivel de resistencia (90X) a bendiocarb y un moderado a alto nivel de resistencia (13.3X) a propoxur; sin embargo, la resistencia a clordano (8.2X), diazinón (3.7X) y malatión (6.5X) fué de baja a moderada. El bendiocarb sólo se había usado una vez en la población de donde se colectó la colonia bajo estudio. La interrogante fué ¿Cómo se hizo resistente a bendiocarb esta colonia? (Nelson y Wood, 1982).

Se descartó como posible respuesta una resistencia natural, porque se conocían colonias muy susceptibles a bendiocarb y propoxur. También se descartó la posibilidad de resistencia cruzada simple, por un lado, porque tal colonia no era resistente a ninguno de los otros compuestos usados y porque en los trabajos anteriores, al seleccionar con organofosforados, sólo se generaba una resistencia moderada a carbamatos (propoxur). La razón más lógica fué que quizá las cucarachas habían estado bajo un régimen de control con propoxur (además del bendiocarb) y que se hizo una selección para un mecanismo de resistencia específico para carbamatos. Pero aún esta explicación no es satisfactoria, porque

aparentemente para el bendiocarb y el propoxur se tienen diferentes mecanismos de resistencia, porque cuando se selecciona con diazinón se confiere alta resistencia para bendiocarb y baja para propoxur. Realmente; el mecanismo que dá alta resistencia a los carbamatos se desconoce (Grayson, 1976; Nelson y Wood, 1982; Cochran, 1984).

La literatura antigua también reporta casos de resistencia a las piretrinas naturales y al organoclorado DDT (Cochran, 1973b). De hecho, se señalan varios casos de resistencia cruzada donde seleccionando para diazinón, se inducía resistencia a DDT, propoxur y piretrinas (Collins, 1973); seleccionando para propoxur, se inducía resistencia a piretrinas y DDT; (Cochran, 1984).

Collins (1973) trató repetidas veces en el laboratorio una colonia normal de la cucaracha Alemana con el insecticida diazinón para obtener resistencia a aplicaciones tópicas. El resultado fué una resistencia a diazinón 26 veces mayor que la original (26X), pero además la colonia se hizo resistente a malatión (27X) que es del mismo grupo químico y a DDT (> 40X), propoxur (18X) y piretrinas (23X) que son de otros grupos muy diferentes. Se puede decir, que el desarrollo de nuevos compuestos insecticidas no necesariamente es la solución inmediata al problema de la resistencia: podría haber resistencia para ellos desde la primera vez que se usaran.

El caso de la resistencia cruzada entre los nuevos compuestos denominados piretroides y el ya obsoleto DDT es típico. Primero se reportaron insectos que al ser resistentes al DDT también lo eran a piretrinas (naturales) (Whitehead, 1959; Plapp y Hoger, 1968). Luego aparecieron reportes de que varias especies resistentes a DDT extendían su resistencia a los piretroides (sintéticos) a pesar de que nunca habían sido expuestas a ellos (Prasittisuk y Busvine, 1977). Scott y Matsumura (1981) establecieron que los individuos de la cucaracha Alemana resistentes a DDT lo eran también a la permetina, aletrina, fenvalerate y piretrinas debido a que para ambos insecticidas, el sistema nervioso (sitio de acción) era menos sensitivo (ésto se señaló como factor de resistencia al derribe). La permetrina, al igual que la alletrina y el fenralerate (y también las piretrinas) se consideran compuestos con un modo de acción dirigido hacia el sistema nervioso; para estos es común que exista resistencia cruzada en colonias resistentes a DDT, sin embargo no ocurre lo mismo con los más recientes piretroides como la deltametrina y la cipermetrina (Scott y Matsumura, 1983).

La diferencia entre los piretroides en relación al desarrollo de resistencia en insectos, radica en su modo de acción. Scott y Matsumura (1983) señalan que hay dos diferentes modos de acción de los piretroides. El primero, denominado tipo I, es el que se ejerce sobre el sistema nervioso causando descargas repetidas en los axones, asociadas a contracciones musculares

y mostrando una correlación negativa con la temperatura (mayor toxicidad a menor temperatura) tanto para mortalidad como para derribe. Este es el mismo modo de acción del DDT y explica el porqué de la resistencia cruzada del DDT con algunos piretroides. El segundo, denominado tipo II, no causa excitación nerviosa ni en los estados avanzados de envenenamiento, y su correlación con la temperatura es negativa sólo en términos de derribe a las 24 horas, pero positiva en términos de mortalidad.

Aunque no sería conveniente clasificar a los piretroides en dos grupos de acuerdo a su modo de acción, ya que un compuesto puede exhibir ambos tipos, sí se puede mencionar la acción predominante de ellos. La aletrina tiene una acción predominante del tipo I, la deltametrina y la cipermetrina del tipo II, y la permetrina y el fenraterate podrían señalarse como intermedios, pues exhiben características de acción tanto del tipo I como del tipo II. Los piretroides con acción predominante del tipo I presentan una mayor actividad de derribe sobre las cucarachas, mientras que los de acción predominante del tipo II, tienen una mayor acción de toxicidad (Scott y Matsumura, 1983; Scott et al. 1986).

Actualmente, el tema de la resistencia de la cucaracha Alemana a insecticidas es causa de gran polémica. Algunos investigadores señalan que si no se encuentran y usan nuevos y diferentes compuestos químicos y otros métodos de control, la cucaracha Alemana se va a convertir en un serio problema de salud

pública en los Estados Unidos Americanos y en otras partes del mundo, en los próximos años. Sin embargo, otras personas dicen que no hay pruebas suficientes para alarmarse; señalan que a veces lo que parece resistencia, no es más que el resultado de una mala selección del producto insecticida, una aplicación inadecuada, una condición antihigiénica, o una población lo suficientemente grande y móvil como para soportar un tratamiento químico y resurgir. Lo que sí existe, es evidencia de laboratorio de que algunas poblaciones en algunas ciudades han desarrollado varios grados de resistencia a varios insecticidas de uso actual.

Reierson et al. (1988) solicitaron colonias de cucarachas de sitios donde hubieran ocurrido problemas de control y recibieron 45 colecciones provenientes de nueve estados de los Estados Unidos Americanos y de Canadá y México. Además, colectaron 48 colonias de restaurantes de los Angeles, California (que normalmente reciben tratamientos periódicos). Estas colonias fueron sometidas a tratamientos tópicos y expuestas a superficies tratadas para determinar su resistencia en comparación con la colonia susceptible estándar Orlando Normal. El resultado mostró que las poblaciones resistentes estaban ampliamente distribuidas. Hubo una resistencia medible en todas las colonias recibidas y en cerca del 60% de las colonias colectadas. El 71% de las colonias colectadas tenía al menos un Grado de Resistencia de 5 para clorpirifos. En promedio, las cucarachas de los restaurantes podían tolerar una dosis 5 a 10 veces más alta que la colonia

susceptible para el caso de los insecticidas organofosforados probados (acefate, clorpirifos, propetamfos) y 300 veces más alta para el carbamato probado (propoxur). También se encontró resistencia (GR = 6) a un piretróide (cipermetrina) que probablemente no se había usado con anterioridad, comprobándose así la resistencia cruzada entre insecticidas no relacionados.

Cochran (1989) reportó estudios sobre la resistencia de 45 colonias de la cucaracha Alemana colectadas de 1981 a 1987 en casas, restaurantes, barcos, etc., de diez estados de los Estados Unidos Americanos. Probó las colonias en cuanto a su resistencia a 12 insecticidas, por el método de mortalidad-tiempo (TL₅₀), en comparación con la colonia susceptible VPI. El estudio detectó una resistencia baja o moderada a diazinón, clorpirifos y acefate. La resistencia a malatión fué muy frecuente, cerca de la mitad de las colonias probadas mostraron alta resistencia. También se encontró alta resistencia para los carbamatos bendiocarb y propoxur, pero la frecuencia fué mucho más alta para bendiocarb (77%) que para propoxur (11%). Para las piretrinas se observó alta resistencia en la mitad de las colonias probadas. Para los piretroides se detectó resistencia superior a 10X en algunos casos: 7 para aletrina, 1 para permetrina, 3 para fenotrina, 1 para fenvalerate, y 1 para ciflutrina. Como todas las colonias fueron susceptibles a algunos de los insecticidas probados, Cochran señaló que aunque la resistencia es un serio problema en la cucaracha Alemana, todavía se puede obtener un control químico

satisfactorio, si se hace una selección apropiada del insecticida.

3. MATERIALES Y METODOS

Se colectaron adultos y ninfas de *Blatella germanica* de cuatro colonias establecidas en tres hospitales del área metropolitana de Monterrey y una de una casa-habitación del fraccionamiento INDECO. Las cucarachas se pusieron en cajas de cría de plexiglass que estaban en un cuarto con temperatura de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $50 \pm 10\%$. El fotoperíodo era de aproximadamente 12:12 iniciando a las 7:30 A.M.

De esta población original se obtuvieron ninfas de edad uniforme y conocida, de donde se seleccionaron adultos de entre una y dos semanas de edad para hacer las pruebas; sólo los machos se usaron. El manejo de las cucarachas de prueba fué manual.

Los insecticidas probados se anotan en el Cuadro 1. Son los productos más usados en Monterrey para controlar *Blatella germanica*. La mayoría fueron organofosforados, pero también se incluyeron dos carbamatos y dos piretroides. Se utilizó material técnico donado por el Dr. F. W. Plapp de Texas A&M, University.

El método que se usó fué el de mortalidad-tiempo. Este método consiste en aplicar una concentración relativamente alta del insecticida en una superficie, donde se colocan los insectos, para luego registrar su mortalidad a través del tiempo hasta que

todos o casi todos los individuos expuestos mueren.

Cuadro 1. Insecticidas probados para estudiar la resistencia de colonias de *B. germanica* en Monterrey, N.L., México.

Compuesto	Tipo	Modo de Acción
Malatión	Fosforado	Inhibidor de la colinesterasa
Diazinón	"	"
clorpirifos	"	"
Acefate	"	"
Proporxur	Carbamato	"
Bendiocarb	"	"
Cipermetrina	Piretroide	Bloquea el P.A.* de los axones
Deltrametrina	"	"

* Potencial de Acción

Las dosis que se usaron fueron las recomendadas para este tipo de estudios, por la Organización Mundial de la Salud y por otras organizaciones e investigadores. El Cuadro 2 muestra las dosis.

El recipiente de vidrio que se usó, fué el tradicional frasco "Gerber" que mide 106 cm² en su pared cilíndrica interna.

Se usó vaselina para evitar escapes. Las diluciones en acetona se prepararon de acuerdo a las dosis a probar, pero de modo que de 0.57 a 1.17 ml por frasco fueran suficientes para depositar la dosis requerida de $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (100, 1000 y 2000 μg de ingrediente activo por mililitro de acetona, según el producto). Después de depositar la cantidad requerida, los frascos se rotaban vertical y horizontalmente para distribuir uniformemente el producto hasta que el solvente se evaporara.

Cuadro 2. Dosis de insecticidas probadas para obtener la TL_{50} de varias colonias de *B. germanica* de Monterrey, N.L., México.

Compuesto	Ingrediente activo ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
Malatión	10.8
Diazinón	5.4
clorpirifos	5.4
Acefate	5.4
Propoxur	1.1
Bendiocarb	5.4
Cipermetrina	5.4
Deltametrina	5.4

El día de las pruebas, se preparaba la dilución suficiente para tratar 10 frascos "Gerber" por colonia. Se ponían cinco

cucarachas de prueba en cada uno de 10 frascos pequeños, para facilitar su introducción simultánea a los frascos tratados. Cincuenta machos se exponían a cada producto por colonia. Para cada insecticida y colonia, se usó un testigo que consistía en un frasco tratado sólo con acetona al que también se le introducían cinco cucarachas. Las condiciones de temperatura y humedad relativa durante las pruebas, fueron las mismas que las de cría. Los especímenes de prueba se introdujeron en los frascos tratados, no antes de 20 minutos posteriores al tratamiento, ni después de 2 horas.

Cada 3 minutos, se observó y registró el número de cucarachas moribundas y muertas de cada repetición. Se consideraron moribundas o muertas a las cucarachas que estaban tiradas en su dorso en el fondo del frasco y no podían sostenerse en sus patas al ser acomodadas con pinzas entomológicas. Las lecturas cada 3 minutos se continuaron por un total de 400 minutos, o hasta que se obtuvo una mortalidad completa en todas las repeticiones (excepto el testigo) en cuatro observaciones consecutivas. Cuando esto ocurrió, las lecturas se tomaron cada 30 minutos hasta completar los 400 minutos. La mortalidad también se registró 24 horas después del inicio de las pruebas.

Los datos se analizaron por el método Probit (MSTAT, 1986) y las comparaciones de medias se hicieron con pruebas de "t" de student.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se muestran los valores del Tiempo Letal Medio (TL_{50}) para cada colonia con los diversos insecticidas. Además, se presentan los valores de Grado de Resistencia (GR) calculados al dividir el TL_{50} de cada colonia potencialmente resistente entre el TL_{50} de la colonia seleccionada como susceptible, que era la INDECO. El Cuadro 4 muestra los intervalos de confianza para los TL_{50} del Cuadro 3. En el Cuadro 5 se presentan los valores del Tiempo Letal Noventa (TL_{90}) calculado con la ecuación Probit cuyos datos están en el Cuadro 6.

La colonia INDECO tuvo valores de TL_{50} similares o comparables a los reportados para las colonias susceptibles estandar Warf Hazard y CSMA de los Estados Unidos Americanos (Nelson y Wood, 1982; Scott y Matsumura, 1983), por lo que fué una selección adecuada.

Las Figuras 1 a 8 muestran las líneas del análisis Probit según la mortalidad de cada una de las colonias a través del tiempo. El valor de el TL_{50} está marcado con un círculo blanco.

El malatión fué el insecticida para el que se tuvo la resistencia más alta; llegando a ser 110 veces mayor en la colonia C25-P que en la INDECO (Cuadro 3, Fig. 1). Todas las colonias potencialmente resistentes, resultaron altamente resistentes a

Cuadro 3. Tiempo Letal Medio (TL₉₀, en minutos) y Grados de Resistencia (GR) en colonias de cucarachas *B. germanica* de Monterrey, N.L. México, con varios insecticidas.

Insecticida	INDECO		C4-C		C25-C		C25-P		MU-C	
	TL ₅₀ *	GR	TL ₅₀	GR	TL ₅₀	GR	TL ₅₀	GR	TL ₅₀	GR
Malatión	69.4 c	16.3	1,132.3 b	16.3	4,606.1 a	66.4	7,644.9 a	110.2		
Diazinón	74.3 c	2.2	163.0 a	2.2	123.7 b	1.7	118.9 b	1.6		
Clorpirifos	75.2 e	2.6	194.3 b	2.6	174.3 c	2.3	105.0 d	1.4	217.6 a	2.7
Acefate	69.5 d	3.0	209.4 c	3.0	327.7 a	4.7	235.9 b	3.4		
Propoxur	11.1 c	1.7	18.6 b	1.7	23.1 a	2.1	8.7 c	0.8		
Bendiocarb	28.1 d	6.0	168.7 b	6.0	2,077.5 a	73.8	51.2 c	1.8		
Cipermetrina	7.8 d	9.1	71.0 b	9.1	57.2 c	7.4	58.1 c	7.5	299.1 a	38.4
Deltametrina	4.9 c	15.6	75.7 b	15.6	350.7 a	72.2	61.7 b	12.7		

*Para cada insecticida, las colonias con la misma letra no son diferentes entre sí, al nivel de significancia de 0.05%, según pruebas de t.

Cuadro 4. Intervalos de confianza (95%) del Tiempo Letal Medio (TL₅₀, en minutos) en cinco colonias de cucarachas B. germanica de Monterrey, N.L. México, con varios insecticidas.

Insecticida	INDECO	G4-C	G25-C	G25-P	MU-C
Malatión	61.2 - 78.5	608.1 - 2,103.7	1,482.5 - 14,321.8	1,513.5 - 38,636.6	
Diazinón	69.8 - 79.0	151.7 - 174.9	112.4 - 136.1	110.1 - 128.2	
Clorpirifos	72.9 - 77.0	184.0 - 205.1	167.8 - 180.7	99.3 - 110.9	210.8 - 224.9
Acefate	62.6 - 76.9	198.1 - 221.3	298.5 - 358.9	224.9 - 247.7	
Propoxur	10.1 - 12.0	15.9 - 21.7	21.8 - 24.3	5.8 - 13.0	
Bendiocarb	25.1 - 31.4	135.8 - 209.8	792.5 - 5,432.5	46.1 - 56.7	
Cipermetrina	6.5 - 9.2	63.2 - 79.7	51.0 - 63.9	52.7 - 63.9	238.2 - 375.8
Deltametrina	1.2 - 18.9	50.6 - 98.4	200.9 - 612.3	52.8 - 72.1	

Cuadro 5. Tiempo Letal Noventa (TL₉₀, en minutos) y Grados de Resistencia (GR) en colonias de cucarachas *B. germanica* de Monterrey, N.L. México, con varios insecticidas.

Insecticida	INDECO		C4-C		C25-C		C25-P		MU-C	
	TL ₉₀	GR	TL ₉₀	GR	TL ₉₀	GR	TL ₉₀	GR	TL ₉₀	GR
Malatión	618.1	47.4	29,286.4	47.4	332,459.7	537.9	1:652,653.5	2,673.8		
Diazinón	103.7	3.2	331.3	3.2	495.3	4.8	275.4	2.6		
Clorpirifos	99.1	5.7	564.7	5.7	309.9	3.1	210.8	2.1	372.3	3.8
Acefate	175.6	1.8	319.9	1.8	576.2	3.3	342.2	1.9		
Propoxur	16.3	7.1	115.3	7.1	39.2	2.4	175.8	10.8		
Bendiocarb	158.5	21.9	3,473.9	21.9	88,995.3	561.5	299.2	1.9		
Cipermetrina	17.9	28.4	506.6	28.4	379.8	21.2	276.4	15.5	3,105.0	17.9
Deltametrina	7.8	1,331.2	10,391.2	1,331.2	114,504.7	14,668.8	1,069.4	137.0		

Cuadro 6. Parámetros de la ecuación Probit para cada colonia de *B. germanica* con cada insecticida.

Insecticida	Colonia	Intercepción (β_0)	Pendiente (β_1)	Varianza de β_1
Malatión	INDECO	2.54	1.34	0.006
	C4-C	2.26	0.90	0.011
	C25-C	2.47	0.69	0.009
	C25-P	2.86	0.55	0.009
Diazinón	INDECO	-11.60	8.87	0.505
	C4-C	-4.28	4.19	0.061
	C25-C	0.54	2.13	0.010
	C25-P	-2.26	3.50	0.030
Clorpirifos	INDECO	-15.06	10.69	0.431
	C4-C	-1.37	2.78	0.024
	C25-C	-6.55	5.15	0.050
	C25-P	-3.48	4.20	0.035
	MU-C	-7.86	5.50	0.058
Acefate	INDECO	-0.79	3.15	0.060
	C4-C	-11.18	6.97	0.277
	C25-C	-8.13	5.22	0.274
	C25-P	-13.69	7.88	0.348
Propoxur	INDECO	-3.00	7.66	0.541
	C4-C	2.94	1.62	0.011
	C25-C	-2.64	5.60	0.102
	C25-P	4.08	0.98	0.009
Bendiocarb	INDECO	2.54	1.70	0.007
	C4-C	2.81	0.98	0.008
	C25-C	2.37	0.79	0.015
	C25-P	2.17	1.66	0.007
Cipermetrina	INDECO	1.86	3.53	0.152
	C4-C	2.25	1.49	0.008
	C25-C	2.23	1.57	0.009
	C25-P	1.69	1.88	0.011
	MU-C	1.88	1.26	0.009
Deltametrina	INDECO	0.72	6.23	2.430
	C4-C	3.87	0.60	0.004
	C25-C	3.70	0.51	0.005
	C25-P	3.16	1.03	0.005

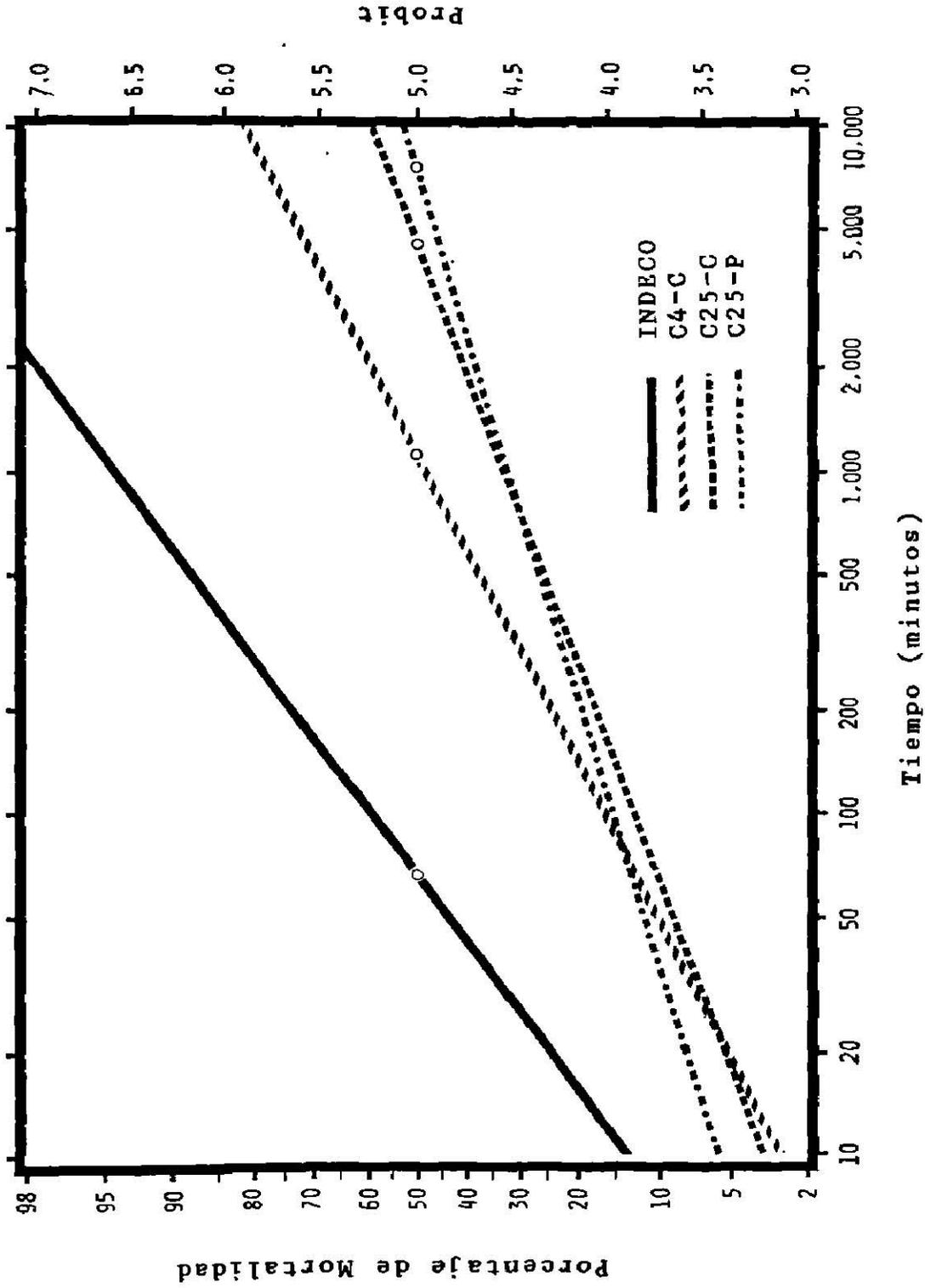


Fig. 1. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para malatión en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

malati3n y diferentes de manera significativa a la susceptible INDECO. Las colonias de la localidad C25 (P=cuartos y corredores de diversos pisos y C=cocina) fueron estadisticamente iguales entre s3; la resistencia de las cucarachas en esta localidad (>60) las hace incontrolables con malati3n. La colonia C4-C fu3 menos resistente estadisticamente que 3stas.

De acuerdo a los valores de TL_{50} , para diazin3n se tuvo nula o muy poca resistencia. El Grado de Resistencia m3ximo fu3 de 2.2 en la colonia C4-C. Como se aprecia en la Fig. 2, la pendiente de las l3neas de las colonias potencialmente resistentes es similar a la de INDECO. S3lo la colonia C25-C muestra una pendiente mucho menor; (Cuadro 6) ; en esta colonia el TL_{90} es bastante mayor que en la INDECO (Cuadro 5). Es decir, el 50% de los individuos expuestos, s3 se mueren en tiempos similares en ambas colonias, pero para que mueran el 90% de ellos, se necesita mucho m3s tiempo en C25-C. Esta caracter3stica tambi3n denota resistencia y depende de la dosis para que se manifieste de manera completa y sea m3s notoria.

Los resultados para clorpirifos fueron similares a los de diazin3n. La resistencia fu3 desde nula en C25-P (GR=1.4), hasta moderada en MU-C (GR=2.9). Ahora, fu3 la l3nea de C4-C la que tuvo una pendiente muy diferente a la de INDECO (Cuadro 6); lo que denota m3s resistencia (Fig. 3).

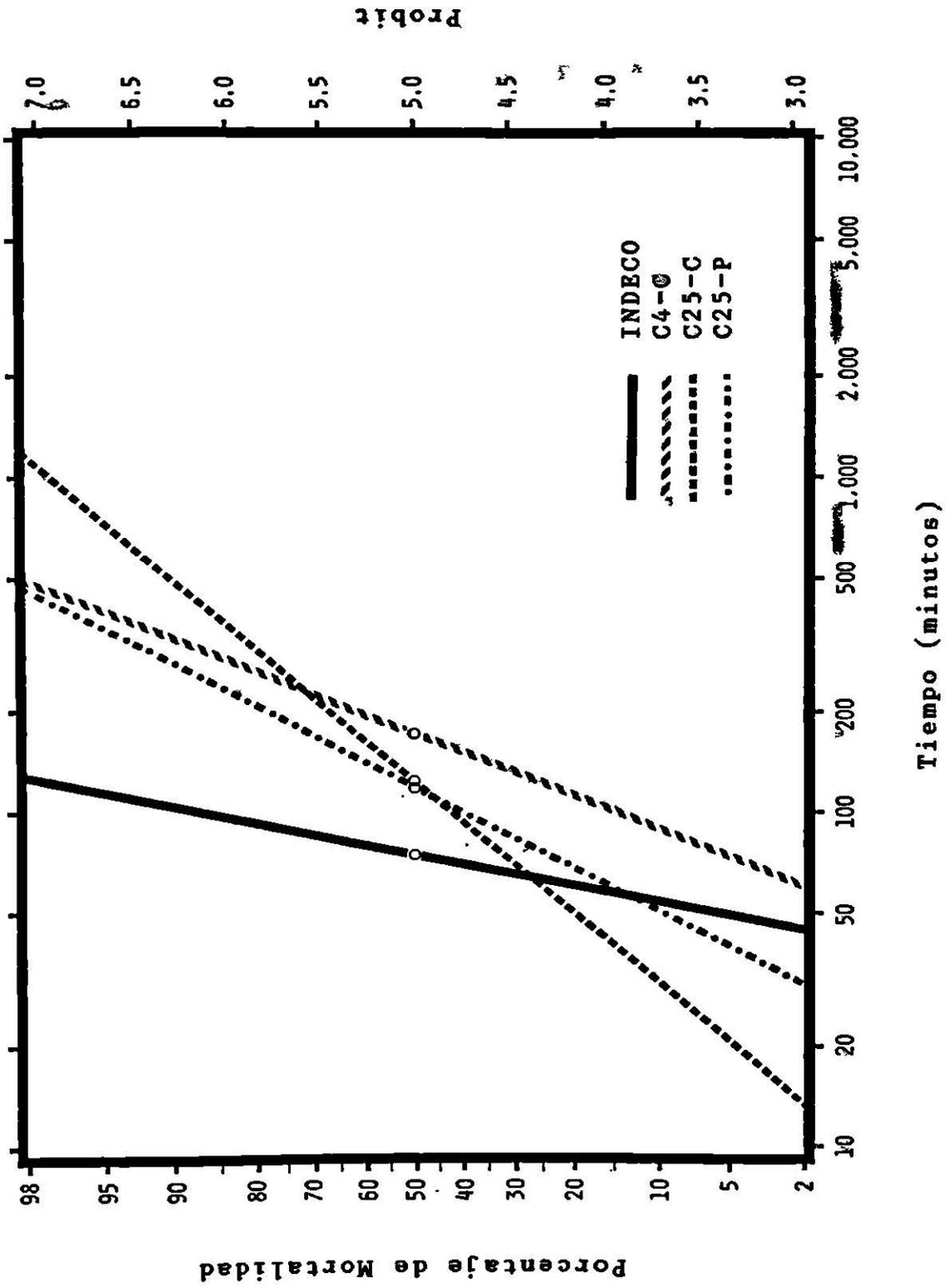


Fig. 2. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para diazinón en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

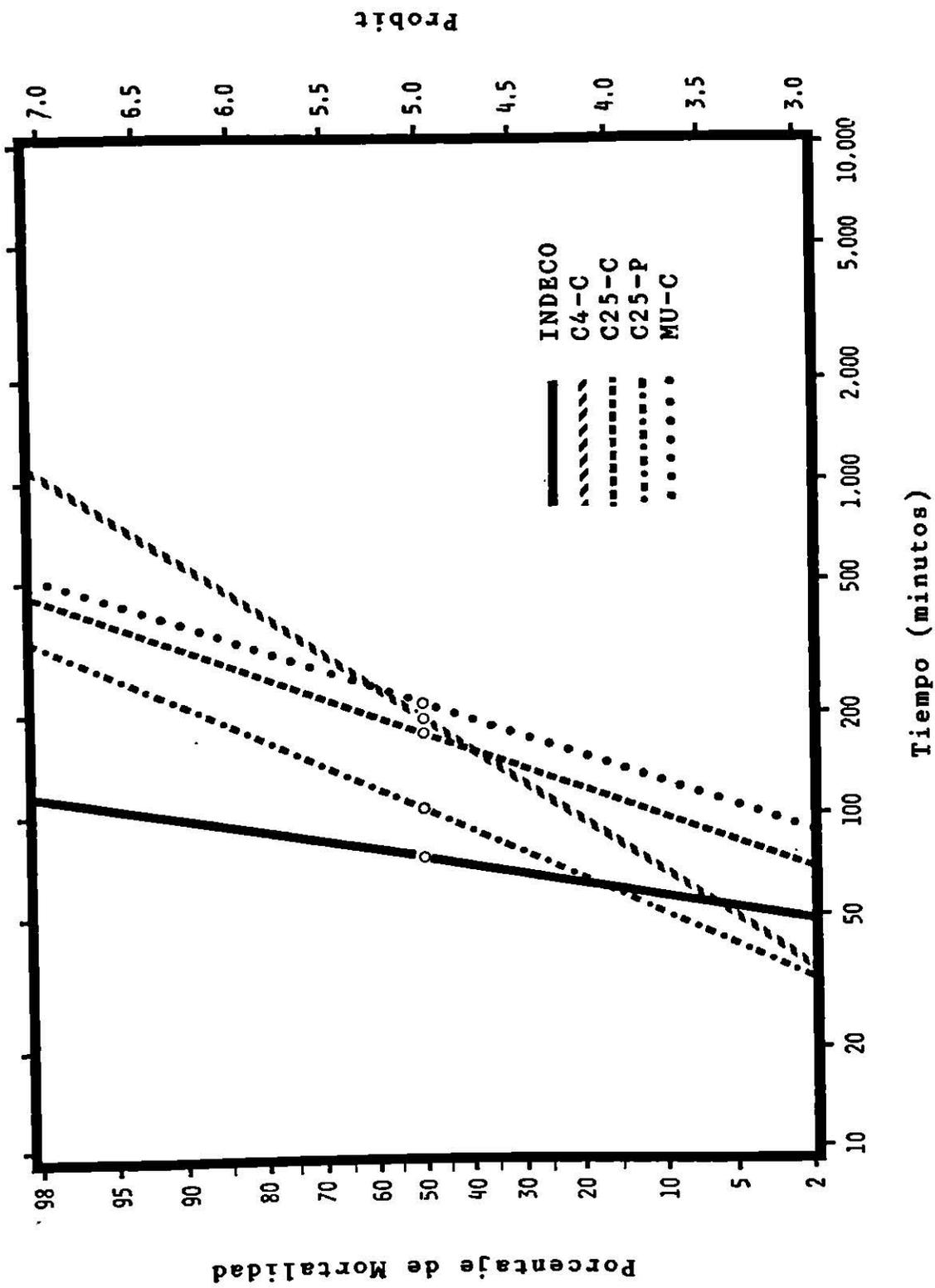


Fig. 3. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para clorpirifos en contra de cinco colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

B. germanica fué moderadamente resistente a acefate en todos los hospitales estudiados (GR de 3.0 a 4.7). De cualquier manera, la diferencia entre los Tiempos Letales Medios de las colonias potencialmente resistentes y el de la INDECO fué significativa, e incluso entre sí.

Acefate fué el único insecticida para el cual se tuvo una pendiente mayor en una línea Probit de una colonia resistente que en la línea de INDECO; de hecho, las tres colonias resistentes tuvieron líneas con pendiente mayor (Cuadro 8 y Fig. 4). Esto implica que la diferencia tan notoria (y significativa) entre las colonias, tomando como base de comparación el TL₅₀, podría no ser real, considerando el TL₉₀. En este caso, la mortalidad empezó a manifestarse mucho más tarde (después de 100 minutos; en comparación con 15 minutos en INDECO) en las colonias potencialmente resistentes, pero llegó al 100% de manera rápida.

Una pendiente (B_1) grande implica mayor homogeneidad de los individuos de la colonia, con respecto a la respuesta al insecticida. Como se observa en el Cuadro 6, INDECO fué la colonia más homogénea para todos los insecticidas excepto para acefate.

Para propoxur prácticamente no hubo resistencia (GR menores a 2.3) y los TL₅₀ fueron muy pequeños (menores de 23 minutos) a pesar de haber usado una concentración muy baja (Cuadro 3 y Fig. 5). De hecho, en la colonia C25-P el TL₅₀ fué menor que el de

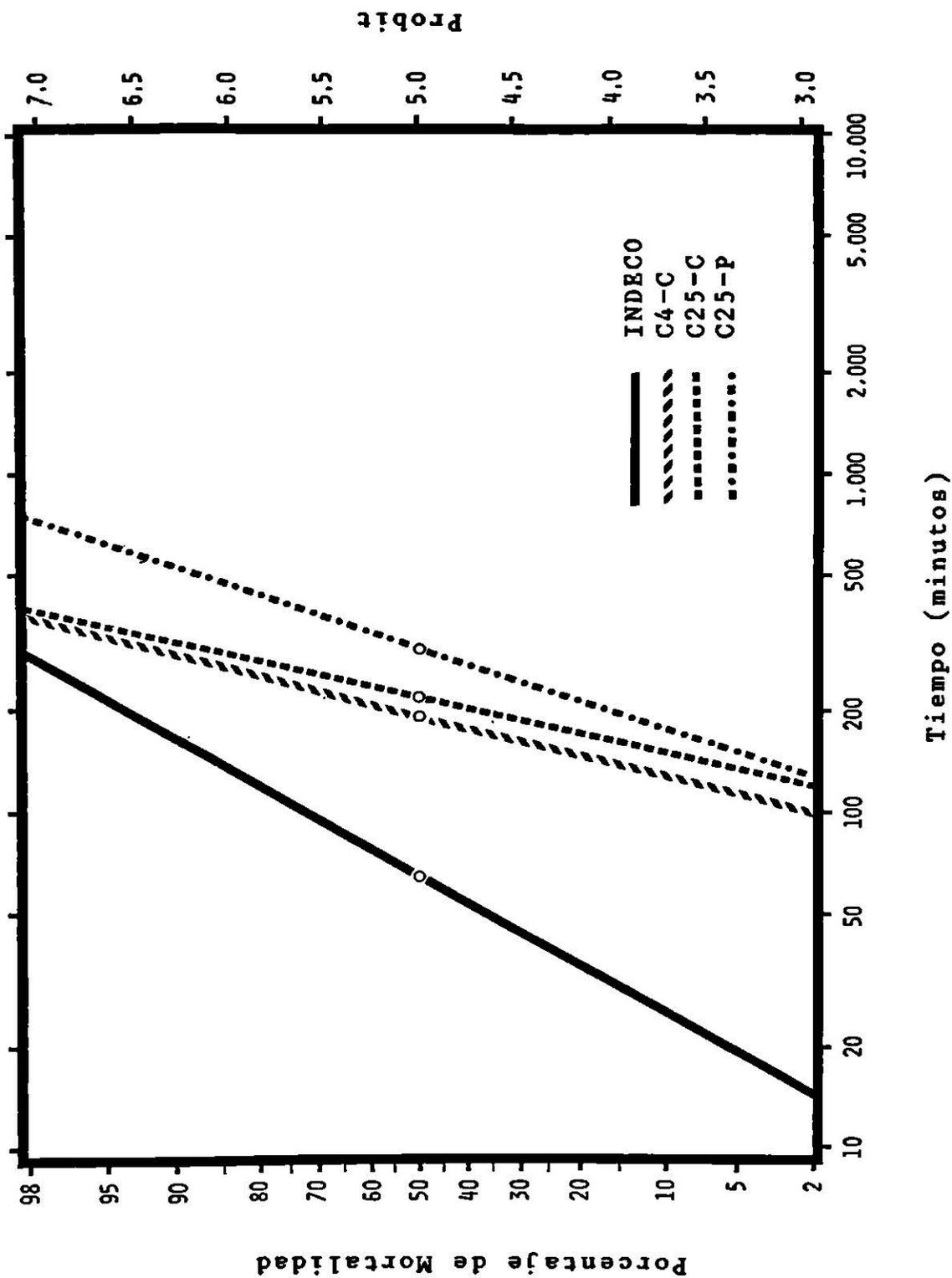


Fig. 4. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para acefate en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

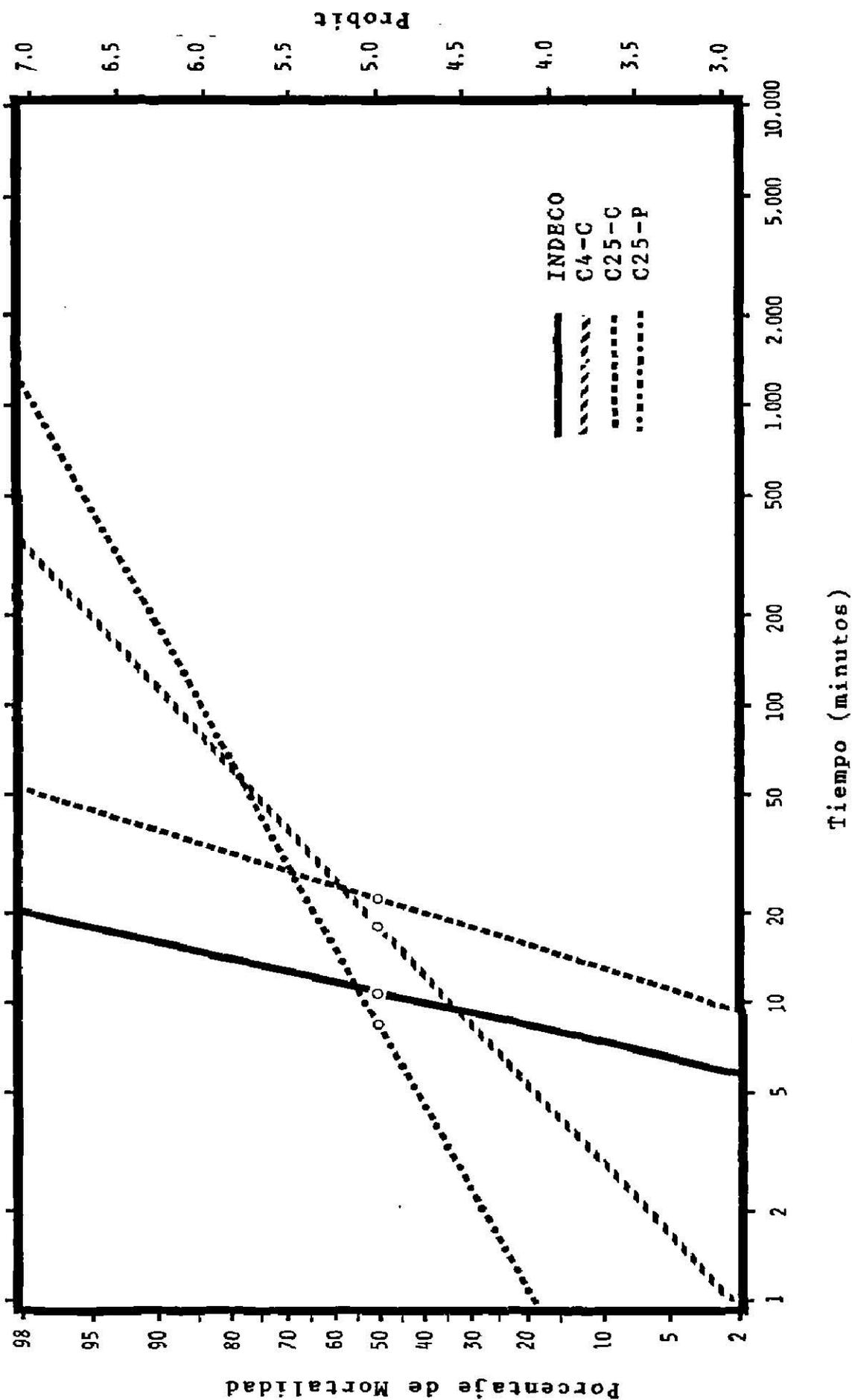


Fig. 5. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para propoxur en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

INDECO (caso único del estudio). De cualquier manera, es importante señalar la pendiente pequeña de las líneas de C4-C y C25-P, que lleva a tener TL_{90} bastante mayores que el de INDECO (Cuadro 5).

Para el otro carbamato (bendiocarb), por el contrario, se tuvo alta resistencia en C25-C, para la cual propoxur fué muy efectivo. De hecho, la resistencia de esta colonia al bendiocarb (GR=73.8) ocupó el segundo lugar del estudio, superada solo por la resistencia de C25-P a malatió. La resistencia en C4-C fué moderada (Cuadro 3 y Fig. 6).

Para cipermetrina, la resistencia fué muy alta en MU-C, con un valor de GR de 38.4 y moderada pero cercana a un GR de 10 en las otras tres colonias (Cuadro 3 y Fig. 7), las cuales respondieron de manera muy similar entre sí.

Deltametrina fué el insecticida que siguió al malatió en cuanto a resistencia general, con valores de GR superiores a 12.7 incluyendo un valor de 72.2 para C25-C (tercer lugar del estudio). Más aún, las pendientes de las líneas fueron tan pequeñas en las colonias resistentes que se alcanzaron valores altísimos de TL_{90} como el de 114,504.7 minutos en C25-C (Cuadro 3 y Fig. 8). En éste caso, el control sería imposible con deltametrina.

Considerando a todos los insecticidas probados, la colonia

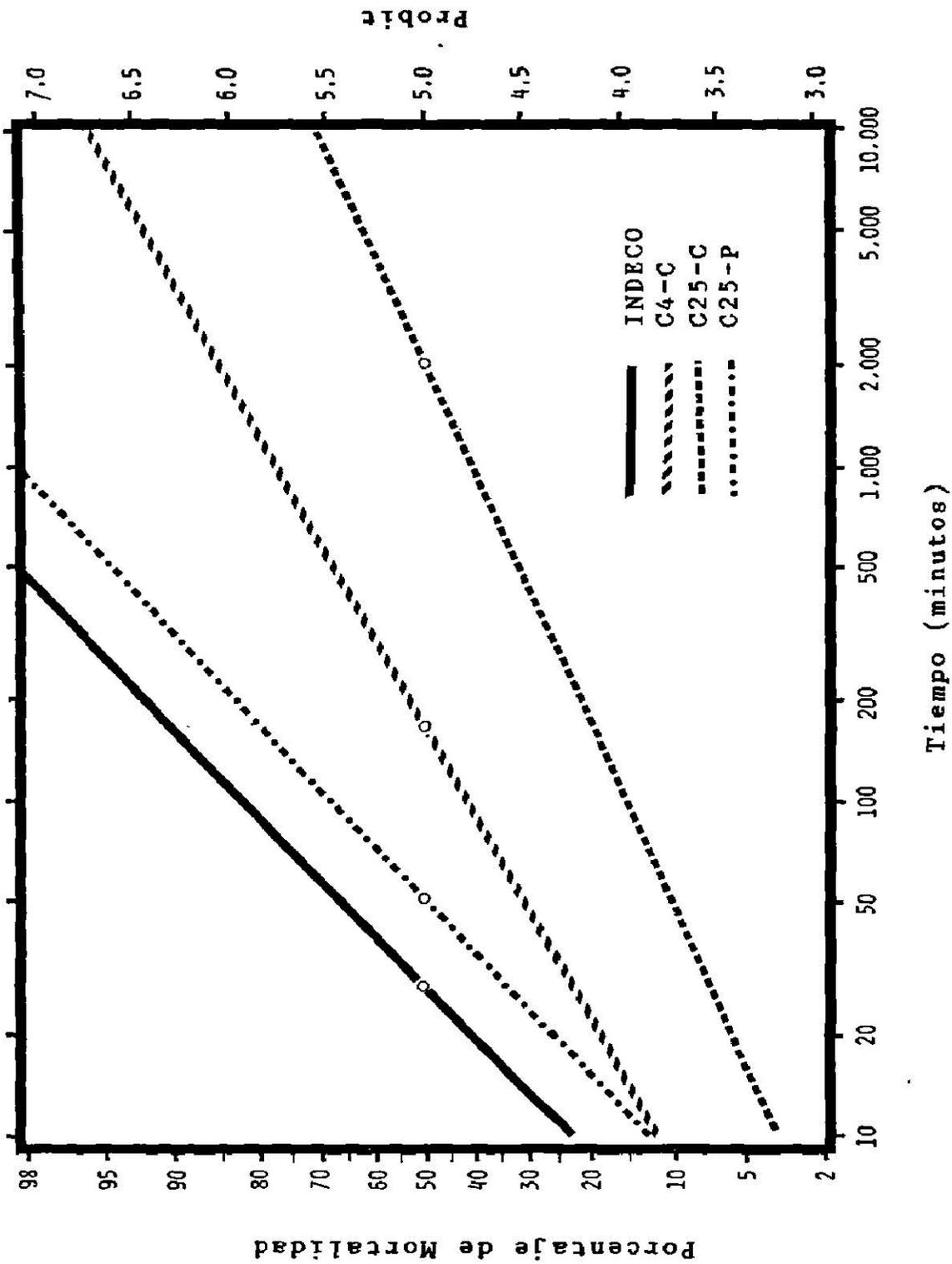


Fig. 6. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para bendiocarb en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

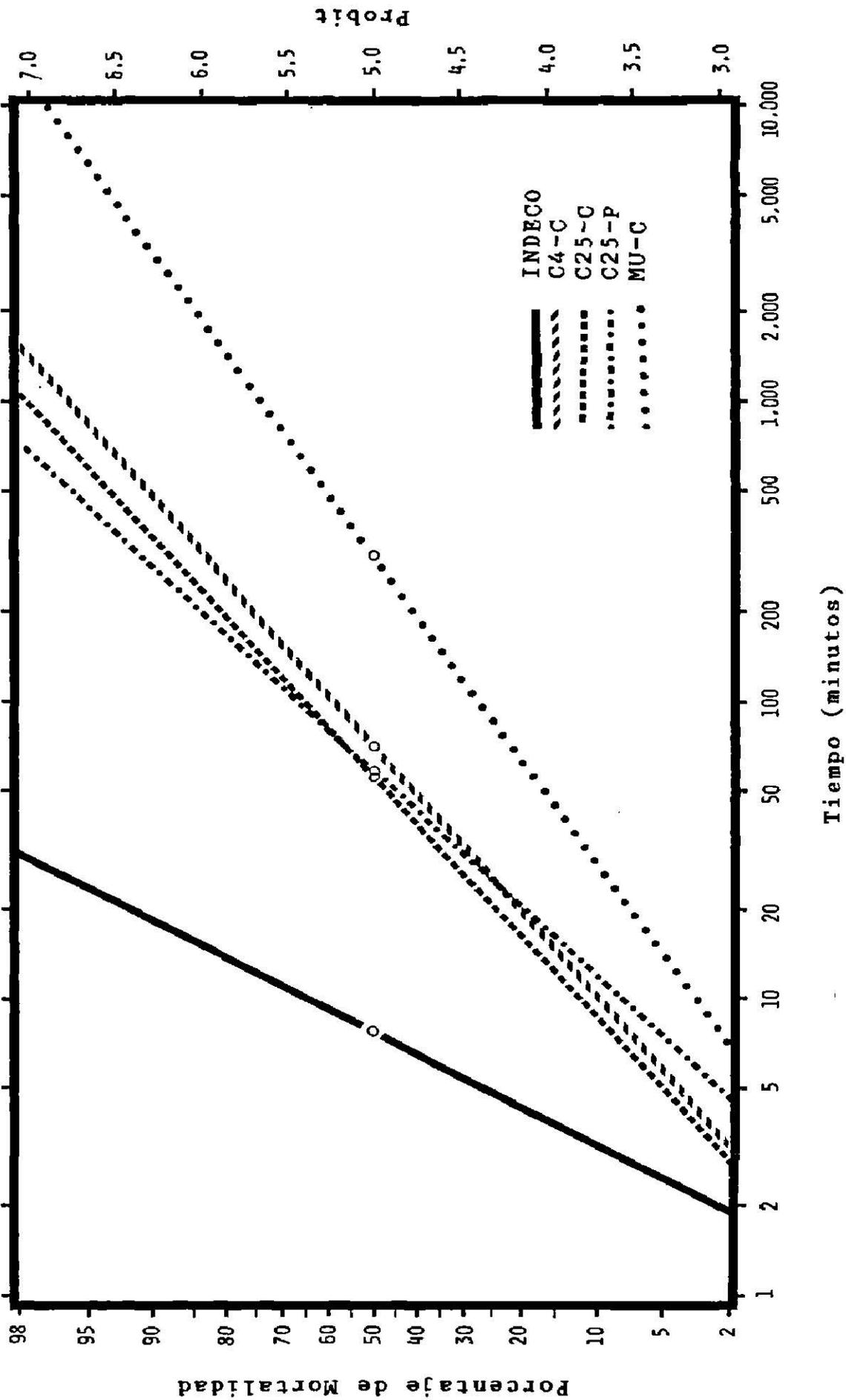


Fig. 7. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para cipermetrina en contra de cinco colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

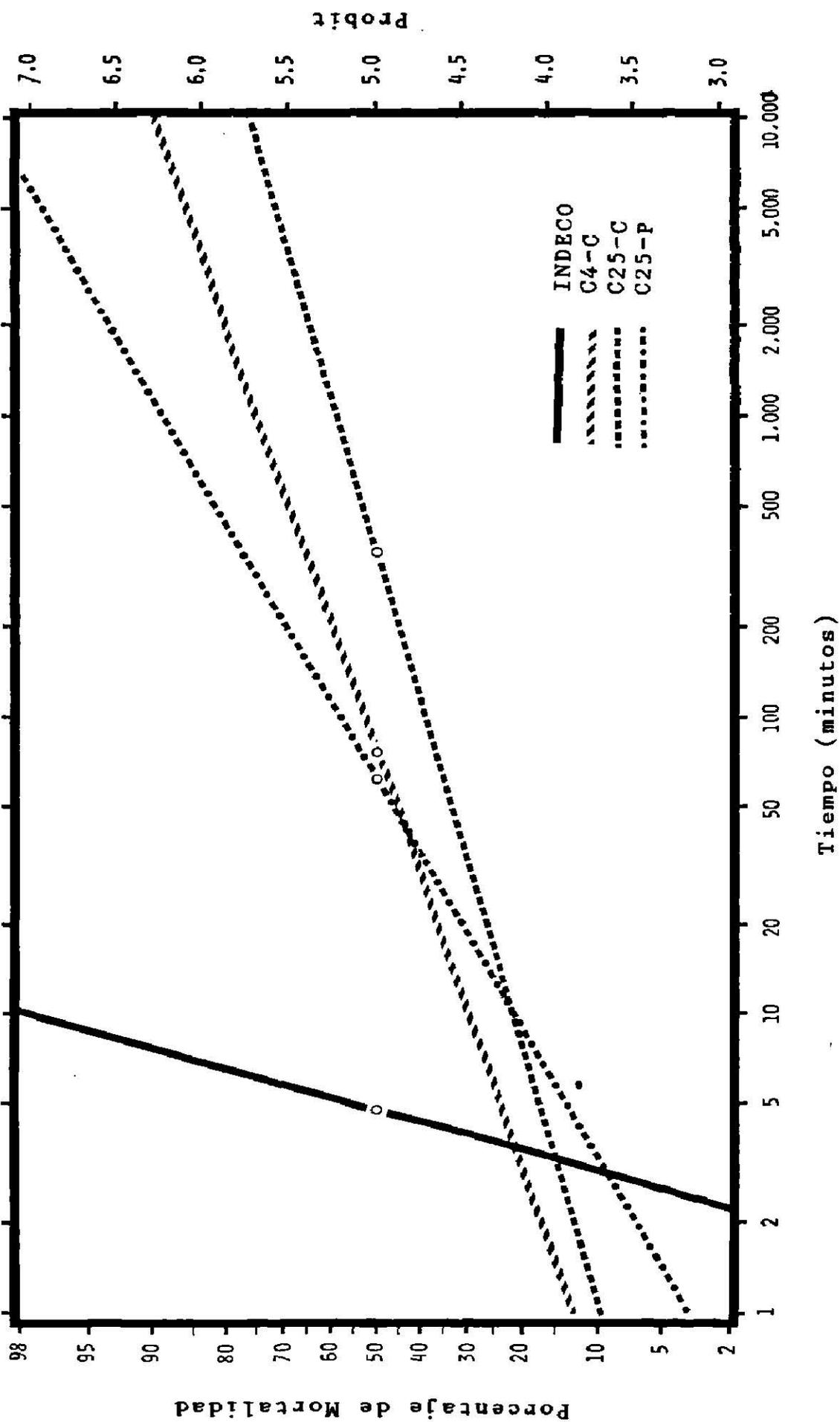


Fig. 8. Líneas de mortalidad-tiempo (Probit-log) para deltametrina en contra de cuatro colonias de cucaracha Alemana, B. germanica de Monterrey, N.L., México.

más resistente fué la C25-C. Aunque para MU-C sólo se probaron dos productos, se puede decir que ocupó el segundo lugar en cuanto a resistencia general (promedio de valores de GR).

Exceptuando al malati6n, la resistencia a los insecticidas fué generalmente mayor de manera significativa en las colonias obtenidas de cocinas (C4-C, C25-C y MU-C) que en la obtenida de los cuartos y corredores de varios pisos de un hospital (C25-P). Esto, seguramente está relacionado con la mayor frecuencia de aplicaci6n de productos químicos en las cocinas.

En base a este estudio, también puede discutirse acerca de la efectividad de los insecticidas contra cada una de las colonias. Sin embargo, primero hay que considerar que las dosis usadas se seleccionaron específicamente para pruebas de resistencia (método mortalidad-tiempo) y nó para comparar los productos. Se calculó que el malati6n y el propoxur se usaron en una dosis 18 veces más baja que la recomendada en aplicaciones comerciales; la dosis del diazin6n fué cuatro veces más baja que la comercial y la del clorpirifos y bendiocarb fué dos veces más baja. Por el contrario, la cipermetrina se usó en una dosis una vez mayor que la recomendada y la deltametrina en una dosis cinco veces más alta que la comercial.

También hay que tomar en cuenta que los insectos no tenían la opci6n de abandonar la superficie tratada; por lo que se

discute es basicamente la diferencia en toxicidad para los insectos y nó la efectividad en condiciones reales, donde tiene mucho que ver la repelencia de los productos.

Con estas consideraciones en mente, se pueden apreciar en el Cuadro 7 las diferencias entre los insecticidas para el caso de la colonia de cucarachas INDECO.

Cuadro 7. Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL₅₀ y TL₉₀, en minutos) en una colonia de *B. germanica*, denominada INDECO y colectada en Monterrey, N.L., México.

Insecticida	TL ₅₀ *	TL ₉₀
Malati3n	69.4 a	618.1
Diazin3n	74.3 a	103.7
Clorpirifos	75.2 a	99.1
Acefate	69.5 a	175.6
Propoxur	11.1 c	16.3
Bendiocarb	28.1 b	158.5
Cipermetrina	7.8 cd	17.9
Deltametrina	4.9 d	7.8

* Los TL₅₀ con la misma letra no son diferentes entre sí, al nivel de significancia de 0.05%, según pruebas de t.

En esta colonia INDECO, los piretroides fueron los más efectivos (rápidos para matar); la deltametrina fué diferente significativamente a todos los demás productos probados, pero la cipermetrina fué igual que el propoxur. Le siguió en efectividad el bendiocarb y al último quedaron todos los organofosforados con TL₅₀ iguales estadísticamente. Esta colonia fué muy susceptible a todos los insecticidas; sólo en el caso del malati3n, por la leve pendiente de la línea (Fig. 1), el TL₉₀ fué demasiado alto. Los valores de 4.9 para el TL₅₀ y de 7.8 para el TL₉₀ en el caso

de la deltametrina, fueron los más bajos del estudio. Los resultados para esta colonia deben ser los más parecidos a las colonias de cucarachas de la mayoría de las casas-habitación de Monterrey, donde los tratamientos con insecticidas son nulos o muy esporádicos.

En el Cuadro 8 se presentan las comparaciones para la colonia C4-C. El propoxur fué el más tóxico estadísticamente; si se considera solo el TL₅₀ seguirían en toxicidad los piretroides, pero con una pendiente tan leve en las líneas (Fig. 7 y 8), el TL₉₀ fué tan o más alto en éstos, que en el resto de los insecticidas, con excepción del malati6n; los piretroides no serían la segunda mejor opción para controlar estas cucarachas, pues aunque ejercieron su típica acción rápida en algunos individuos de la colonia, otros por su resistencia tardaron mucho en morir.

Cuadro 8. Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL₅₀ y TL₉₀, en minutos) en una colonia de *B. germanica*, denominada C4-C y colectada en Monterrey, N.L., México.

Insecticida	TL ₅₀ *	TL ₉₀
Malati6n	1,132.3 a	29,286.4
Diazin6n	163.0 c	331.3
Clorpirifos	194.3 b	564.7
Acefate	209.4 b	319.9
Propoxur	18.6 e	115.3
Bendiocarb	168.7 bc	3,473.9
Cipermetrina	71.0 d	506.6
Deltametrina	75.7 d	10,391.2

* Los TL₅₀ con la misma letra no son diferentes entre sí, al nivel de significancia de 0.05%, según pruebas de t.

Para la colonia C25-C, el propoxur fué otra vez el más rápido para matar a las cucarachas, quedando en segundo lugar la cipermetrina (Cuadro 9). La deltametrina resultó igual o inferior a los demás, exceptuando al malati6n, si sólo se considera el TL₅₀; pero viendo el valor del TL₉₀, la deltametrina fué mucho menos efectiva que los otros, exceptuando al malati6n.

Cuadro 9. Comparaci6n de la toxicidad de varios insecticidas (TL₅₀ y TL₉₀, en minutos) en una colonia de *B. germanica*, denominada C25-C, colectada en Monterey, N.L. M6xico.

Insecticida	TL ₅₀ *	TL ₉₀
Malati6n	4,606.1 a	332,459.7
Diazin6n	123.7 d	495.3
Clorpirifos	174.3 c	309.9
Acefate	327.7 b	576.2
Propoxur	23.1 f	39.2
Bendiocarb	2,077.5 a	88,995.3
Cipermetrina	57.2 e	379.8
Deltametrina	350.7 b	114,504.7

* Los TL₅₀ con la misma letra no son diferentes entre sÍ, al nivel de significancia de 0.05%, seg6n pruebas de t.

En la colonia C25-P el primer lugar en efectividad lo obtuvo de nuevo el propoxur; pero ahora, por 6nica ocasi6n el bendiocarb qued6 como segundo (Cuadro 10).

En la colonia MU-C, s6lo se probaron dos productos, clorpirifos y cipermetrina, y 6stos resultaron iguales entre sÍ estadisticamente.

Cuadro 10. Comparación de la toxicidad de varios insecticidas (TL₅₀ y TL₉₀, en minutos) en una colonia de *B. germanica*, denominada C25-P y colectada en Monterrey, N.L. México.

Insecticida	TL ₅₀ *	TL ₉₀
Malatión	7,644.9 a	1;652,653.5
Diazinón	118.9 c	275.4
Clorpirifos	105.0 d	210.8
Acefate	235.9 b	342.2
Propoxur	8.7 g	175.8
Bendiocarb	51.2 f	299.2
Cipermetrina	58.1 e	276.4
Deltametrina	61.7 e	1,069.4

* Los TL₅₀ con la misma letra no son diferentes entre sí, al nivel de significancia de 0.05%, según pruebas de t.

Tomando en cuenta a todas las colonias, el propoxur fué el insecticida más efectivo o rápido para matar; ésto fué así a pesar de haberse usado una dosis mucho más pequeña que la recomendada comercialmente (18 veces menor). Los piretroides dieron la apariencia de ocupar el segundo lugar en efectividad en varias ocasiones, pero viendo su TL₉₀, se pudo constatar que no fué así. El malatión fué siempre el menos efectivo; pero debe recordarse que la dosis fué 18 veces menor que la recomendada comercialmente.

5. CONCLUSIONES

- 1.- El fenómeno de resistencia a insecticidas está presente en algunas colonias de cucaracha Alemana, *B. germanica* colectadas en hospitales de Monterrey, N.L., México.
- 2.- Aunque hubieron ciertas similitudes, cada colonia de cucarachas estudiada tuvo una respuesta particular a los diversos compuestos probados.
- 3.- El malatión fué el insecticida para el que se tuvo la resistencia más alta.
- 4.- Para diazinón y clorpirifos se tuvo nula o poca resistencia.
- 5.- Por lo tardado de su efecto, pareció existir una resistencia moderada a acefate en las colonias de todos los hospitales; sin embargo, el tiempo para mortalidad total fué similar en éstas y en la colonia susceptible.
- 6.- No hubo resistencia a propoxur.
- 7.- Para bendiocarb existió nula, moderada y muy alta resistencia.

- 8.- La resistencia a cipermetrina fué muy alta en uno de los hospitales y moderada pero cercana a 10X en las otras tres colonias.
- 9.- Deltametrina fué el insecticida que siguió al malatió en cuanto a resistencia general.
- 10.- La resistencia fué mayor en las cucarachas colectadas en cocinas que en los cuartos y corredores de los hospitales.
- 11.- La colonia de cucarachas colectada en una casa-habitación (INDECO) fué susceptible a todos los insecticidas probados, excepto malatió; ésto debe ser similar a lo que sucede en la mayoría de las poblaciones de cucarachas donde no se hacen aplicaciones de insecticidas frecuentes.
- 12.- En las colonias de cucarachas colectadas de hospitales, el propoxur fué el más efectivo; el segundo lugar lo obtuvieron productos variables según el caso; la deltametrina no fué efectiva.

6.- RECOMENDACIONES

- 1.- Reducir el número de aplicaciones insecticidas contra la cucaracha Alemana mediante el empleo de otros métodos de control, para retardar el desarrollo de la resistencia.
- 2.- Al aplicar insecticidas, usar dosis letales y tratamientos minuciosos, para erradicar a las cucarachas de cada sitio (nicho) particular de infestación.
- 3.- Seleccionar los insecticidas más adecuados en cada caso mediante pruebas como las de este estudio.
- 4.- No usar un solo insecticida, aunque sea el más efectivo, sino cambiar de producto periódicamente (en forma rotativa) con otros insecticidas de diferente grupo toxicológico y con diferente modo de acción.
- 5.- Para los hospitales estudiados, sería recomendable no seguir usando deltametrina, sino usar productos para los que no se haya desarrollado tanta resistencia, con las precauciones requeridas.

7. BIBLIOGRAFIA

- Bennet, G. W. and W. T. Spinks. 1968. Insecticide resistance of German cockroaches from various areas of Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 61: 426-431.
- Cochran, D. G. 1973a. Inheritance of malathion resistance in the German cockroach. *Ent Exp. Appl.* 16: 83-90.
- Cochran, D. G. 1973b. Inheritance and linkage of pyrethrins resistance in the German cockroach. *J. Econ. Entomol.* 66: 27-30.
- Cochran, D. G. 1984. Insecticide resistance in cockroaches: is it at a crossroads? *Pest Manage.* 3(8): 26-31.
- Cochran, D. G. 1989. Monitoring for insecticide resistance in field-collected strains of the German cockroach (*Dictyoptera: Blatellidae*). *J. Econ. Entomol.* 82: 336-341.
- Collins, W. J. 1973. German cockroach resistance: I. Resistance to diazinon includes cross-resistance to DDT, pyrethrins, and propoxur in a laboratory colony. *J. Econ. Entomol.* 66: 94-47.
- Ebeling, W. 1975. *Urban Entomology*. Div. Agr. Sci. University of California, Berkeley. pp. 56-58.
- Grayson, J. M. 1954. Differences between a resistant and a nonresistant strain of the German cockroach. *J. Econ. Entomol.* 47:253-256.
- Grayson, J. M. 1963. Further selection of normal and chlordane resistant German cockroaches for resistance to malathion and

- diazinon. *J. Econ. Entomol.* 56: 447-449.
- Grayson, J. M. 1976. Comparative effectiveness of various insecticides against cockroaches. *Pest Control* 44 (2): 30-32, 39.
- Hamman, P. J. and J. Owens. 1981. Controlling cockroaches without synthetic organic insecticides. *House and Landscape Pests*. L-1373, 4 pp.
- Hamman, P. J. and H. A. Turney. 1981. Cockroaches... Recognition and control. Texas Agr. Ext. Serv. Texas A&M University System. *House and Landscape Pests*. L-1373, 8 pp.
- Heal, R. E. , K. B. Nash and M. Williams. 1953. An insecticide-resistant strain of the German cockroach from Corpus Christi, Texas. *J. Econ. Entomol.* 46: 385-386.
- Hooper, G. H. S. 1969. Toxicology and physiology of DDT resistance in the German cockroach. *J. Econ. Entomol.* 62: 846.
- Lagunes Tejeda, A. y J. C. Rodríguez Maciel. 1990. Grupos Toxicológicos de Insecticidas y Acaricidas. Centro de Entomología y Acarología. México, 228 pp.
- MSTAT, 1986. MSTAT: Microcomputer Statistical Program. Michigan State University, Lansing, MI.
- Nelson, J. O. and F. E. Wood. 1982. Multiple and cross-resistance in a field-collected strain of the German cockroach (Orthoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 75:1052-1054.
- Osborne, M. P. and R. J. Hart. 1979. Neurophysiological studies of the effects of permethrin upon pyrethroid resistant (Kdr)

- an susceptible strains of Dipteran larvae. *Pestic.Sci.*10:40.
- Plapp, F. W. and R. P. Hoyer. 1968. Possible pleiotropism of a gene conferring resistance to DDT, DDT analogues, and pyrethrins in the housefly *Culex tarsalis* J. Econ. Entomol. 61:761.
- Prasittisuk, C. and J. R. Busvine. 1977. DDT-resistant mosquito strains with cross-resistance to pyrethroids. *Pestic. Sci.* 8: 527.
- Reierson, D. A. , M. K. Rust, A. J. Slater and T. A. M. Slater. 1988. Insecticide resistance affects cockroach control. *California Agriculture*, Sep-Oct. pp 18-20.
- Scott, J. G. and F. Matsumura. 1981. Characteristics of a DDT-induced case of cross-resistance to permethrin in *Blattella germanica*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 16: 21-27.
- Scott, J. G. and F. Matsumura. 1983. Evidence of two types of toxic actions of pyrethroids on susceptible and DDT-resistant German cockroaches. *Pestic. Biochem. Physiol.* 19: 141-150.
- Scott, J. G. , S. B. Ramaswamy, F. Matsumura and K. Tanaka. 1986. Effect of method of application on resistance to pyrethroid insecticides in *Blattella germanica* (Orthoptera: Blattellidae) *J. Econ. Entomol.* 79: 571-575.
- Withehead, G. B. 1959. Pyrethrum resistance conferred by resistance to DDT in the blue tick. *Nature (London)* 184:387.
- World Health Organization, 1957. WHO, Expert Committee on Insecticides: Resistance of insects to insecticides. Seventh

Rept., WHO Tech. Rept. Series 125, Ginebra, Suiza.

