

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Estado de susceptibilidad de *Prostephanus truncatus* Horn  
(COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) a insecticidas solos y en mezcla con  
sinergistas y ácido fúlvico**

**JOSÉ RUBÉN RODRÍGUEZ ALANIZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.**

**Septiembre del 2001**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Estado de susceptibilidad de *Prostephanus truncatus* Horn  
(COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) a insecticidas solos y en mezcla con  
sinergistas y ácido fúlvico**

**POR:**

**JOSÉ RUBÉN RODRÍGUEZ ALANIZ**

**TESIS**

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

---

**M.C. JORGE CORRALES REYNAGA  
PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**DR. EUGENIO GUERRERO  
RODRÍGUEZ  
SINODAL**

---

**M.C. FÉLIX DE JESÚS SÁNCHEZ  
PÉREZ  
SINODAL**

---

**M.C. VÍCTOR MANUEL SÁNCHEZ VALDEZ  
SINODAL**

---

**MC. REYNALDO ALONSO VELAZCO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MÉXICO. SEPTIEMBRE DEL 2001**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por los conocimientos y facilidades en mi formación como profesionista.

Al **Departamento de Parasitología Agrícola**, pero muy especialmente a todos mis catedráticos, por los conocimientos compartidos y la amistad brindada.

Al **M.C. Jorge Corrales Reynaga**, por su excelente y oportuna asesoría, que hicieron posible la realización de este trabajo meramente científico y por su amistad y confianza que me brindo desde un principio. Gracias.

Al **Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez**, por su colaboración técnica en el asesoramiento de este trabajo de investigación y por su amistad desinteresada.

Al **M.C Félix De Jesús Sánchez Pérez**, por su valiosa colaboración en la revisión, en especial, a todo lo correspondiente al análisis estadístico de los datos obtenidos.

Al **M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez**, por su apreciada colaboración y aportaciones para mejorar el presente trabajo.

Al **Dr. Alfonso Pamanes Guerrero**, por su amistad y gran apoyo durante la realización del presente trabajo.

Al **Dr. Rubén López Cervantes**, por su valiosa colaboración, en la culminación de la presente investigación.

## DEDICATORIAS

Este trabajo va dedicado para aquellos que me dieron la vida, amor y me enseñaron el camino del bien y de la superación, gracias por todo lo bueno que me han dado, **A mis Padres:**

**Elías Rodríguez Guerrero y Emigdia Alaniz De León**

**A mis Hermanos:** Por su apoyo moral y económico, y estímulo para seguir superándome. En especial a ti **Margarito** que siempre estarás en mi memoria, por que siempre deseaste que nuestra familia fuera de provecho. Dios los bendiga.

**A mis Sobrinos:** Por que ustedes son para mi los hermanitos con que siempre sonreí y pase momentos gratos e inolvidables.

**A mis Compañeros de la Generación XC de Parasitología Agrícola,** en especial a nuestra sección: **Nelson** por tu amistad sincera, **Mijangos**, ya bájale con las chicas, **Barreto** por los buenos momentos, **Aguirre** por las discusiones que nos han fortalecido, **Buitre** por la alegría musical, **Rosy** por tus bellos momentos y consejos, **Maclovio**, **Joaquín**, **Lorenzo**, y si alguien me falto estará en mi memoria como gran compañero.

**A mis Compañeros de Cuarto: Toño** por tu amistad sincera que nos hizo grandes amigos, **Nico** por tu amistad incondicional, **Demetrio** por tus apoyos de conocimiento, **Pampas** échale ganas y disfruta de tu juventud, **Eduwiges** por tu amistad y valioso consejos en mi formación como profesionista.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
El Barrenador Grande de los Granos <i>Prostephanus truncatus</i> .....	3
Ubicación taxonómica.....	3
Descripción morfológica.....	3
Origen y distribución.....	4
Biología y hábitos.....	5
Daños.....	6
Métodos de combate.....	7
Control Químico.....	7
Resistencia de Insectos a Insecticidas.....	8
Definición de resistencia.....	8
Tipos de resistencia.....	10
Resistencia fisiológica.....	10
Resistencia por comportamiento.....	10
Clases de resistencia.....	10
Resistencia cruzada.....	10
Resistencia múltiple.....	11
Mecanismos de resistencia.....	11
Mecanismos metabólicos.....	11
Mecanismos no metabólicos.....	14
Manejo de la resistencia.....	15

Manejo por moderación.....	16
Manejo por ataque múltiple.....	16
Manejo por saturación.....	16
Sinergismo.....	17
Modo de acción de los sinergistas.....	18
Aplicaciones de los sinergistas.....	18
Insecticidas Utilizados en el Estudio.....	19
Malation.....	19
Carbarilo.....	20
Deltametrina.....	21
Productos Sinergistas Utilizados.....	22
Butóxido de piperonilo (BP).....	22
Dietilmaleato (DEM).....	23
Ácido fúlvico (AF).....	25
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
Colecta del Material Biológico.....	27
Evaluación del Estado de Susceptibilidad a Insecticidas.....	28
Determinación del rango de respuesta.....	28
Determinación de las líneas de respuesta concentración- mortalidad.....	30
Evaluación del efecto de las Mezclas de Insecticidas + sinergistas y AF.....	32
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>36</b>
Estado de Susceptibilidad de <i>P. truncatus</i> a Insecticidas.....	36
Evaluación del Efecto de las Mezclas de Insecticidas + Sinergistas.y AF.....	40
Insecticidas + BP.....	40
Insecticidas + DEM.....	42
Insecticidas + AF.....	46
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>55</b>

APÉNDICE.....	62
---------------	----

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
1	Productos químicos reportados para el control de plagas de granos almacenados por diversos autores.....	9
2	Insecticidas utilizados para la evaluación del estado de susceptibilidad de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	30
3	Mezclas de insecticidas + sinergistas y ácido fúlvico utilizadas sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	32
4	Concentraciones utilizadas para la obtención de las líneas de respuesta concentración-mortalidad de las mezclas de insecticidas + sinergistas y ácido fúlvico (AF) sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	33
5	Concentraciones letales y límites fiduciales de insecticidas sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	37
6	Ecuaciones de predicción, coeficiente de determinación ( $r^2$ ), chi cuadrada ( $\chi^2$ ) y estimación de la probabilidad (P) de cada uno de los bioensayos de los insecticidas en adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	38
7	Ecuaciones de predicción obtenidas de bioensayos de insecticidas y de mezclas con los sinergistas butóxido de piperonilo (BP) y dietilmaleato (DEM), y el ácido fúlvico (AF) en adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	40

8	Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ), chi cuadrada ( $\chi^2$ ) y estimación de la probabilidad (P) de insecticidas en mezcla con butóxido de piperonilo (BP) sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	43
9	Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ), chi cuadrada ( $\chi^2$ ) y estimación de la probabilidad (P) de insecticidas en mezcla con dimetilmaleato (DEM) sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	48
10	Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ), chi cuadrada ( $\chi^2$ ) y estimación de la probabilidad (P) de insecticidas en mezcla con ácido fúlvico (AF) sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	50
11	Razón sinérgica de las mezclas de insecticidas con butóxido de piperonilo (BP), dietilmaleato (DEM) y ácido fúlvico (AF) sobre adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn. 2001.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
5	Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn a los insecticidas malation, carbarilo y deltametrina. 2001.....	39
6	Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn a malation, carbarilo y deltametrina en mezcla con butóxido de piperonilo (BP).2001..	44
7	Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn a malation, carbarilo y deltametrina en mezcla con dimetilmaleato (DEM).2001.....	49
8	Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> Horn a malation, carbarilo y deltametrana en mezcla con ácido fúlvico (AF).2001.....	51
9	CL <sub>50</sub> y Límites fiduciales de todos los productos insecticidas y sus mezclas con los sinergistas: butóxido de piperonilo (BP), dimetilmaleato (DEM) y ácido fúlvico (AF). 2001.....	52

## INTRODUCCIÓN

El maíz tiene importancia especial, dado que este cereal constituye la base de alimentación de los latinoamericanos, además de que ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del arroz y el trigo, con una superficie sembrada de 106 millones de hectáreas con un rendimiento de 215 millones de toneladas.

Un problema importante en los productos almacenados, son las plagas insectiles que son quizás, el grupo más importante por los daños que ocasionan a los cereales. En el complejo de insectos que infestan productos almacenados están principalmente: *Sitotroga cereallella* Oliv., *Sitophilus* spp. y *Prostephanus truncatus* Horn (Ramírez, 1978 ).

El barrenador grande de los granos (*P. truncatus* ) es una plaga primaria de gran capacidad destructiva del maíz en climas cálidos. Se han reportado pérdidas de hasta 40 % en maíces almacenados durante seis meses. En la actualidad el método más utilizado y efectivo para el control de las poblaciones del barrenador es el combate químico, el cual involucra riesgos a la salud, encarece los costos de post-producción, contamina el ambiente e induce a la resistencia a las poblaciones plagas. El hombre para poder tener mejor respuesta en el control sobre poblaciones resistentes ha implementado métodos de manejo de resistencia,

donde una alternativa es la aplicación de mezclas de insecticidas con sinergistas. Existe información del uso de insecticidas + sinergistas dentro del control de plagas insectiles obteniendo buenos resultados, en poblaciones de insectos como el barrenillo, picudo de la zanahoria, picudo del chile, picudo de la yema del manzano, entre otros.

Los productos sinergistas butóxido de piperonilo (BP) y dimetilmaleato (DEM) ya reportados como tales y el ácido fúlvico (AF) el cual no está reconocido como sinergista, han mostrado resultados positivos en mezclas con diversos insecticidas de diferentes grupos toxicológicos. Con esta información se puede estimar la causa fisiológica de la resistencia fisiológica para algunos factores enzimáticos. Por lo anterior se plantean como objetivos: determinar la susceptibilidad de *P. truncatus* a los insecticidas malation, carbarilo y deltametrina; y estimar el efecto sinergista del butóxido de piperonilo y dimetilmaleato, y el efecto del ácido fúlvico mezclados con los insecticidas ya señalados sobre adultos de *P. truncatus*. Determinar algunos de los mecanismos enzimáticos que influyen en adultos de *P. truncatus* a la respuesta de insecticidas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### El Barrenador Grande de los Granos *P. truncatus*

#### Ubicación taxonómica

De acuerdo con la clasificación de Borrór *et al.* (1981), el barrenador grande de los granos presenta la siguiente ubicación taxonómica:

ORDEN: COLEOPTERA

SUBORDEN: POLIPHAGA

SUPERFAMILIA: BOSTRICOIDEA

FAMILIA: BOSTRICHIDAE

GENERO: *Prostephanus*

ESPECIE: *truncatus*

#### Descripción morfológica

El insecto adulto mide de 4 a 5 mm de longitud y es de color café oscuro o castaño; cabeza retráctil dentro del protórax (Linablad y Druben, 1976), un declive aplanado en los élitros truncados y aristas laterales, siendo esta una de las principales características en la identificación del insecto (Shires, 1980). Dell *et al.* (1985) lo describe como cuerpo cilíndrico de 3.0 a 4.2 mm de largo y con antenas de diez segmentos, siendo los tres últimos más grandes. Las larvas son de color blanquecino pálido, presentan pocos pelos, tienden a formar una “C” y los segmentos torácicos son considerablemente más grandes que los del abdomen (Hodges, 1982).

El barrenador grande de los granos comprende tres instares larvarios, y estos son en base a la medición de la frontoclipeal (Bell y Watters, 1982; Subramanyam *et al.*, 1985). El primer instar mide 0.126-0.135 mm con un promedio de 0.13 mm. En el segundo instar le corresponden 0.153-0.207 mm con una media de 0.182 mm y el tercer instar mide 0.243-0.324 mm con una media de 0.274 mm.

### **Origen y distribución**

Tomando como base los registros encontrados, *P. truncatus* es originario de Mesoamérica, y por mucho tiempo se pensó que su presencia se restringía a esta porción del continente Americano (Ramírez, 1978; Giles y León, 1975). En lo particular Wright (1986) menciona que esta especie es endémica de México,

Centro y Sudamérica, mientras que Dennis (1994); reafirma que *P. truncatus* es originario de Centroamérica.

Su distribución comprende desde el Sur de los Estados Unidos de América y México, hasta Latinoamérica (Ramírez, 1981). En México es menos frecuente en la región Norte, esto hace suponer que aun no se adapta a temperaturas muy bajas. Se ha encontrado dañando maíz en mazorca, en la Península de Yucatán y centro del país (Aguilera, 1988; Herrera, 1989 y Rios, 1991).

### **Biología y hábitos**

*P. truncatus* es una plaga muy voraz para todos los cereales y sus productos. No ataca al grano de frijol (Linablad y Druben, 1976; Ramírez, 1978). Los adultos y las larvas originan perforaciones en los granos; se alimentan del endospermo y producen polvo abundante; comen el interior del grano, dejando solo la cubierta (Ramírez, 1978).

Según Ramírez *et al.* (1992) el barrenador grande de los granos se adapta mejor a condiciones secas que húmedas, de igual manera a ambientes templados y cálidos que a los fríos.

Estudios realizados en condiciones de laboratorio por Shires (1980), indican que las condiciones óptimas de desarrollo de *P. truncatus* son 32 °C y 80 % de humedad relativa (HR), además, menciona que los machos presentan una

longevidad promedio de 44.2 días el macho y 61.7 días las hembras. Por su parte Bell y Watter (1982) ubican estas condiciones de desarrollo a 30 °C y 70 % de HR.

En México estudios llevados a cabo en laboratorio, dan variaciones con respecto a la duración del ciclo; Ramírez y Silver (1983) mencionan que el ciclo biológico comprende 43 días a una temperatura de  $27 \pm 1$  °C, mantenido en maíces criollos; sin embargo Ramírez y Gutiérrez (1982), establecen 64 días a  $32 \pm 1$  °C,  $70 \pm 5\%$  de humedad relativa y entre 11 y 12 % de humedad del grano, (maíz cacahuazintle).

Linablad y Druben (1979) señalan que la hembra oviposita alrededor de 50 huevecillos en su vida, pero se estima que en infecciones naturales en campo el número es mayor. Una hembra puede depositar libremente sobre los granos o sus desperdicios 300 huevecillos. Las larvas pueden alimentarse del polvillo del grano producido por los adultos.

## **Daños**

*P. truncatus* es un escarabajo barrenador de la madera que apareció recientemente para obtener una adaptación en los productos almacenados como una fuente de alimento (Ramírez *et al.*, 1994), además es capaz de barrenar plásticos (Markham *et al.*, 1996).

*P. truncatus* es capaz de infestar las mazorcas del maíz desde el campo para continuar su ataque en el almacén (Hodges *et al.*, 1983; Quintana *et al.*, 1960; Ramírez, 1960) y tiene la habilidad de barrenar brácteas para penetrar a los granos (Hodges *et al.*, 1983). Además puede dañar a otros productos alimenticios, de empaque, de construcción y de vestir (Ramírez *et al.*, 1992).

Algunas observaciones realizadas en laboratorio indican que el barrenador se desarrolla mejor en maíz en mazorca que a granel (Boeye, 1990; Cowley *et al.*, 1980); barrenando de un grano a otro en hileras, produce túneles donde desprende bastante harina, y en infecciones severas, puede dañar el embrión destruyendo totalmente el grano (Hodges *et al.*, 1983; Quintana *et al.*, 1960). En esas condiciones existe poca probabilidad que las hembras emigren a otra mazorca para ovipositar (Rios, 1991).

### **Métodos de combate**

Dentro de el combate contra los insectos perjudiciales en la agricultura, el hombre ha ensayado diversos métodos desde el manual, mecánico, hasta los más modernos métodos biológicos, pero el único que parece más efectivo es el empleo del control químico.

### **Control químico**

NAS (1978) y Davison y Lyon (1992), mencionan que los insecticidas son la primera línea de defensa en el control de insectos plagas tienen ciertas características; son productos muy efectivos, su efecto es inmediato, dejan bajo control grandes poblaciones y se pueden emplear como sea necesario. Reportes del uso de insecticidas contra *P. truncatus* a nivel mundial se muestran en el cuadro 1.

### **Resistencia de Insectos a Insecticidas**

Un problema muy serio que ha ocasionado el uso intensivo de los plaguicidas ha sido el desarrollo de resistencia de las plagas de granos almacenados a estos productos, lo cual ha influenciado directamente en la producción conllevando al fracaso el uso de insecticidas a dosis que usualmente eran efectivos contra poblaciones de insectos plagas (Lagunes, 1982). De acuerdo con Costa *et al.* (1974) la resistencia en los últimos años se ha incrementado considerablemente a causa de la continua aplicación de los insecticidas de manera irracional en el control de plagas.

#### **Definición de resistencia**

Georghiou (1983) define a su vez resistencia como un término usado comunmente para señalar la habilidad de un organismo para sobrevivir a la aplicación de un tóxico, la cual sería letal para la mayoría de los organismos de

una población normal. Esta situación se manifiesta como un fenómeno de selección en el cual sobreviven los individuos mejor adaptados (Cremllyn, 1995).

Cuadro 1.- Productos químicos reportados para el control de plagas de granos almacenados por diversos autores.

productos	Mahihu y Kibata (1985)	Arthur <i>et al.</i> (1988)	Aguilera (1988)	CETA* citado por Golob (1988)	Makundi (1989)	Von Berg y Biliwa (1990)	Pérez (1991)	COP SARH* (1991-1998)	GPAUA* (2000)
Bromuro de metilo								X	
Clorpirifos metil								X	X
Deltametrina			X			X	X	X	X
Deltametrina +								X	X
clorpirifos metil									
Diazinon									X
Fenitron									X
Fenitrotion								X	X
Fenvalerato +						X			
fenitrotion									
Fosfuro de aluminio								X	
Fosfuro de magnesio								X	
Malation			X				X	X	X
Permetrina	X		X	X			X		
Piretrum 0.4 %			X		X		X		
Pirimifos metil	X	X	X				X	X	X
Pirimifos metil +				X					
permetrina									

\*CETA: Campaña Extensiva en Tanzania, África; COP SARH: Catálogo Oficial de Plaguicidas para 1991 y 1998; GPAUA: Guía de Plaguicidas Autorizados de Uso Agrícola para el 2000.

## **Tipos de resistencia**

Rodríguez (1983) menciona que existen dos tipos de resistencia:

**Resistencia fisiológica.-** Tipo de resistencia donde el plaguicida puede ser degradado rápidamente o no puede ser capaz de penetrar el sitio activo en el cuerpo del insecto (Bennett *et al.*, 1996). Este tipo de resistencia implica la presencia de uno o varios mecanismos metabólicos específicos como la acción de las enzimas y no metabólicos (sitios insensibles) dependiendo del tipo de estímulo ejercido.

**Resistencia por comportamiento.-** Tipo de resistencia que incluye todo aquel hábito que adopta determinada especie como respuesta a estímulos previos en el medio ambiente que lo rodea, por lo cual evita el contacto con el tóxico recibiendo solo cantidades subletales.

## **Clases de resistencia**

En la actualidad se conocen dos clases de resistencia según sea el número de mecanismos de detoxificación y los plaguicidas involucrados: la cruzada y la múltiple (Günther y Jeppson, 1962 y Metcalf, 1983).

**Resistencia cruzada.-** Induce a la población plaga crear resistencia a dos o más insecticidas relacionados entre sí en su modo de acción de un solo mecanismo de resistencia como el resultado de la exposición a uno de ellos

(resistencia cruzada positiva), pudiendo no manifestarse con otro insecticidas químicamente diferentes, denominándosele resistencia cruzada negativa (Günther y Jeppson, 1962).

**Resistencia múltiple.-** Es el resultado de la coexistencia de varios alelos génicos independientes, los cuales inducen mecanismos de resistencia contra insecticidas no relacionados con diferentes modos de acción y vías de detoxificación. Indica que lo anterior es provocado cuando las poblaciones se someten irracionalmente a diferentes tipos de insecticidas y que una vez que se indujo a la dominancia de genes involucrados estos permanecen por un largo tiempo, de tal forma que la restauración de la susceptibilidad dura poco tiempo ya que el proceso de reversa, en el caso de la resistencia, es más rápido (Metcalf, 1983).

### **Mecanismos de resistencia**

Brown (1960) menciona que los insecticidas pueden producir resistencia a insectos debido principalmente a la participación de algunos mecanismos fisiológicos que los clasifica en metabólicos y no metabólicos.

### **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. Y los principales sistemas enzimáticos

responsables del metabolismo de los insecticidas son de: **esterasas, oxidasas de función mixta (FOM), DDTasa y transferasas de glutatión** (Terriere, 1984 y Brown, 1960).

**Esterasas.-** Son hidrolasas que rompen los enlaces esteráticos de los organofosforados y producen alcoholes y ácidos que son tóxicos y son solubles en agua. Dos tipos de esterasas (carboxiesterasas y fosfotriesterasas o fosfatasas) las cuales constituyen un mecanismo metabólico importante para los compuestos organofosforados (Matsumura, 1985). Las carboxiesterasas en poblaciones de artrópodos que presentan resistencia por ejemplo al malation las carboxiesterasas atacan al grupo carboxietil del malation y lo hidrolizan (Yasutomi, 1983), por su parte Dauterman y Montoya (1974) y Montoya *et al.* (1980) mencionan que este tipo de esterasas es exclusivo para los organofosforados y que su reacción se localiza a nivel celular del núcleo, mitocondria y el microsoma. Por su parte las fosfotriesterasas son esterasas hidrolíticas que rompen los enlaces esteráticos de los organofosforados dando lugar a los ácidos y alcoholes (Pérez, 1988).

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

**Oxidasas de función mixta.-** Este sistema enzimático es conocido también como oxidasas microsomales y juega un papel importante tanto en insectos resistentes como susceptibles, siendo el retículo endoplasmático el organelo

celular en donde se asocian las diversas enzimas que constituyen el complejo de FOM. En los insectos se localizan, en el cuerpo graso, tubos de Malpighi y tractos digestivos por lo que es considerado como la primera defensa contra agentes tóxicos lipofílicos de carácter xenobiótico (Lagunes y Rodríguez, 1985).

En investigaciones realizadas por Nakatsugawa *et al.* (1969) afirman que dentro del grupo de los organofosforados, los que poseen enlaces P=S pueden ser activados por FOM, a formas P=O, causando posteriormente resistencia por genes sencillos semidominantes heredados y que confieren altos niveles de desintoxicación, los que pueden ser bloqueados mediante el uso de sinergistas.

**DDTasa.-** Enzima también conocida como dehidroclorinasa, la que metaboliza la molécula del DDT y la transforma a DDE, que es un metabolito menos tóxico para los insectos. El metabolismo del DDT por esta enzima es un factor importante para los individuos resistentes al disminuir la concentración interna de DDT y transformarlo a DDE y posteriormente a DDA (Brown, 1960).

**Transferasas de glutation.-** Dichas enzimas son de gran importancia dentro del metabolismo de compuestos organofosforados, ya que produce principalmente la dealquilación de los dimetil-organofosforados. Las enzimas consideradas dentro del complejo transferasas de glutation se clasifican como s-aril transferasa, s-aralquil transferasa, s-alquenotransferasa y s-epoxittransferasa. A nivel experimental se ha demostrado que la actividad de estos

grupos es influenciada por el pH, temperatura y tejido en el que se encuentre (Matsumura, 1985).

### **Mecanismos no metabólicos**

Estos mecanismos no dependen del metabolismo del insecto, pero por su participación algunos insectos son capaces de producir altos niveles de resistencia a los productos químicos. Dichos mecanismos se describen a continuación:

**Penetración reducida.-** se ha demostrado que la penetración reducida del tóxico a través del integumento de insecto, le da al insecto cierto grado de resistencia al permitir que el tóxico quede expuesto por más tiempo a los complejos enzimáticos detoxificantes, por lo que sólo cantidades subletales llegan al sitio de acción (Matsumura, 1985). Investigaciones de Vinson y Law (1971) reafirman lo señalado por Matsumura, agregando que la penetración reducida interactúa con otros mecanismos de resistencia, lo que manifiesta resistencia cruzada en clorados, y siendo posible, tal hecho en fosforados, carbamatos, y piretrinas, grupos toxicológicos en los que cada vez es más factible que se de dicho fenómeno.

**Insensibilidad en el sitio de acción.-** Los principales factores identificados son:

a) **Resistencia al derribo (Kdr).**- Es un mecanismo que afecta tanto a insecticidas del grupo de análogos del DDT como a los piretroides. En un

principio se describía a este mecanismo como resistencia al derribo por DDT, describiéndosele después como Kdr (Knock down resistance). Confiriendo este mecanismo resistencia cruzada entre piretroides y DDT (Miller *et al.*, 1983).

- b) **Colinesterasa insensible.**- Dicha enzima está alterada y reduce la opción de que insecticidas organofosforados y cabamatos la inhiban (Hama, 1983).
- c) **Insensibilidad a ciclodienos.**- Es específico para cada insecticida de este grupo (Narahashi, 1983).

### **Manejo de la resistencia**

Con respecto a la manifestación de la resistencia de un gran número de artrópodos se ha llegado a la conclusión de que está dada por un amplio rango de características biológicas, etiológicas y de manejo de productos que determinan el grado de selección en una situación ecológica dada y en consecuencia grados variables de evolución. Basándose en lo anterior, los factores de manejo son los únicos que están bajo el control del hombre y pueden ser manipulados dependiendo del riesgo para la resistencia que revelen los factores genéticos y fisiológicos. El manejo integrado de plagas es el camino más viable para retardar o prevenir la resistencia, incluyendo estrategias para minimizar el uso de plaguicidas y por ende el desarrollo evolutivo de dicha resistencia (Georghiou, 1983).

Georghiou (1983) señala las siguientes estrategias o medidas del manejo de insecticidas para reducir la resistencia:

**Manejo por moderación.-** En investigaciones publicadas señala que la existencia de individuos con genes susceptibles en una población se logra mediante el uso de bajas dosis de insecticidas, las cuales representan un grupo valioso que debe ser conservado, ya que a través de la presión de selección la frecuencia génica inicial en una población silvestre se vuelve a favor de la resistencia. La aplicación de dosis bajas pueden matar individuos susceptibles, tales como la  $DL_{50}$  o menos, es más que suficiente para que la población se mantenga susceptible. La aplicación de insecticidas con umbrales económicos altos, también permiten que se lleven a cabo menos aplicaciones, logrando de ésta manera la cobertura casi total de la población con una menor presión de selección.

**Manejo por ataque múltiple.-** Esta medida de manejo se refiere a la aplicación de químicos multidireccionales en la presión de selección a corto y largo plazo, ejemplo de ello son los productos inorgánicos cuya acción se extiende a varios sitios del insecto, artificialmente esto se puede lograr mediante el uso de mezclas y rotación de insecticidas.

**Manejo por saturación.-** Dicha estrategia es muy utilizada en aquellos cultivos de alto valor en donde el daño por plagas debe ser mínimo, lo cual se logra con aplicaciones constantes y altas dosis de insecticidas, esto no implica la saturación del medio ambiente pero si de los mecanismos de defensa del insecto mediante cantidades que puedan superar la resistencia. Además, se puede lograr

mediante el suministro de genes RR funcionalmente recesivos o con el uso de sinergistas.

### **Sinergismo**

Se entiende como el fenómeno por el cual al emplear conjuntamente dos productos A y B, su eficiencia conjunta es superior a la que pueda esperarse de la simple adicción de las acciones individuales, siempre y cuando una de las sustancias carezca de efecto tóxico (Bonnemaison, 1975 y Barrera, 1976).

Ware (1994), menciona que los sinergistas no son en sí mismo considerados insecticidas o tóxicos, pero son materiales usados con insecticidas para sinergizar o aumentar su actividad. Los sinergistas son adicionados a ciertos insecticidas en razón de 8:1 o 10:1.

El primer sinergista fue introducido al mercado en 1940, para incrementar la efectividad de piretroides. Desde entonces muchos materiales han sido introducidos pero solo unos cuantos se encuentran en el mercado, debido a su costo o su inefectividad. Los sinergistas se encuentran prácticamente en todos los aerosoles para aumentar la acción de los insecticidas piretroides tales como aletrina y algunas veces resmetrinas contra insectos voladores. Aunque inicialmente fueron desarrollados para usarse con piretroides, se han usado con algunos insecticidas organofosforados, organoclorados, carbamatos y también algunos pocos botánicos o derivados de plantas.

### **Modo de acción de los sinergistas**

Según Ware (1994) el modo de acción es inhibir las oxidasas de función mixta, enzimas metabolizadoras de compuestos extraños; sin embargo, se sabe que diversos sinergistas afectan a diferentes enzimas.

Por su parte Casida (1970) y Metcalf (1967) dicen que la potencia del sinergismo varía grandemente de acuerdo al insecticida o xenobiótico, y las especies involucradas. Para un máximo efecto, el sinergista debe entrar al organismo y ser transportado y acumulado en el sitio de función mixta oxidativa u otros sitios enzimáticos tan rápidamente o más rápidamente que el insecticida en el sitio activo, y también debe existir una gran afinidad con estas enzimas.

### **Aplicaciones de los sinergistas**

Los sinergistas son usado generalmente en aerosoles preparados para uso doméstico y jardín, granos almacenados y sobre ganado, particularmente en los graneros de los establos. Los aerosoles con pirenonas para cultivos fueron registradas en 1988 sobre vid, vegetales y arándanos agrios (Ware, 1994). Estudios de la aplicación de los sinergistas mencionan que su uso se emplea para el control de razas resistentes y para determinar las causas fisiológicas de la resistencia de insectos a insecticidas (Casida, 1970; Georghiou, 1983; Raffa y Priester, 1985; Cremlyn, 1995 y De Liñán, 1997).

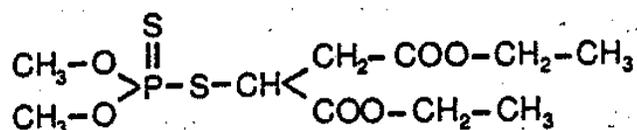
## Insecticidas Utilizados en el Estudio

Según De Liñán (1997) y Thomson (1995) los insecticidas malation, carbarilo y deltametrina tienen las siguientes especificaciones:

### Malation

**Composición química:** 0,0-Dimetilditiofosfato de Dietilmercapto Succionado.

**Fórmula estructural:**



**Tipo:** Insecticida-acaricida organofosforado de amplio espectro

**Toxicidad:** DL<sub>50</sub> Oral en ratas: 1,375 mg/kg

DL<sub>50</sub> Dérmica en ratas: 4,444 mg/kg

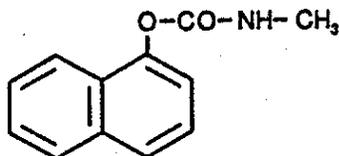
**Actividad:** Insecticida y acaricida con actividad por contacto, ingestión e inhalación. De gran efecto de choque y bajo poder residual. Interfiere la transmisión de impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa. Su persistencia es corta o moderada.

**Fitotoxicidad:** existen reportes de control sobre las variedades de manzano McIntosh y Cortland tan buenos como en el caso de cerezos, vid (Europa), peras de la variedad Bosc, calabaza y frijol, pero la recolección de frutos manchados son el resultado de las aplicaciones sobre los nectarinos.

## Carbarilo

**Composición química:** N–metilcarbamato de 1-naftil

**Fórmula estructural:**



**Tipo:** El carbarilo es un insecticida carbamato, que su modo de acción es de contacto y estomacal con largo efecto residual y de amplio espectro.

**Toxicidad:** DL<sub>50</sub> Oral en ratas: 300 mg/kg

DL<sub>50</sub> Dérmica en ratas: >4,000 mg/kg

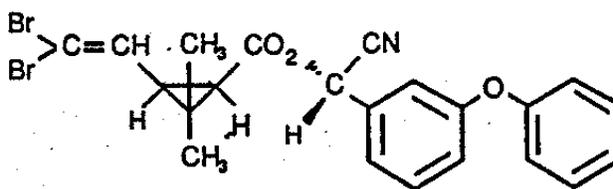
**Actividad:** insecticida con actividad por contacto e ingestión, ligeramente sistémico. Su eficacia inicial es relativamente rápida por lo cual ejerce una acción inmediata muy pronunciada; su actividad puede durar hasta 3 semanas. Produce carbamitación de la colinesterasa de los tejidos causando acumulación de acetilcolina en las uniones colinérgicas de las neuronas (efectos muscarínicos) y en las uniones mioneurales de los músculos y ganglios autónomos.

**Fitotoxicidad:** Dosis excesivas pueden retardar la germinación de pastos, el daño puede ocurrir sobre el follaje tierno en el transcurso de varios días con llovizna. Este daño se ha reportado en variedades de manzano McIntosh y York, en algunos perales y huertas de sandía.

## Deltametrina

**Composición química:** (s)-alfafa-ciano-3fenoxibencil-(1R)-cis-3(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato.

### Fórmula estructural



**Tipo:** La deltametrina es un piretroide sintético compuesto, algunos insecticidas son usados de contacto y estomacales.

**Toxicidad:** DL<sub>50</sub> Oral en ratas: 128 mg/kg.

DL<sub>50</sub> Dérmica en ratas: >2,940 mg/kg

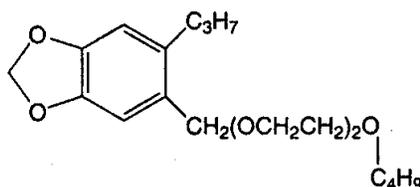
**Actividad:** Piretroide sintético con actividad insecticida, no sistémico, que actúa a dosis muy bajas por contacto e ingestión, es poco residual y tiene cierta actividad repelente. Afecta al sistema nervioso, despolarizando la membrana de la neurona con el consiguiente bloqueo de la transmisión de los impulsos nerviosos.

**Fitotoxicidad:** No es fitotóxico cuando es usado directamente.

## Productos Sinergistas Utilizados

### Butóxido de piperonilo

#### Fórmula estructural:



**Toxicidad:** DL50 Oral en ratas: 11500 mg/kg

DL50 Dérmica en ratas: >7950 mg/kg

El BP es un sinergista que actúa en los mecanismos de detoxificación de FOM en los siguientes insecticidas; carbarilo, metomilo, fenvalerato, permetrina, paration, malation y dimetoato (Casida, 1970 y Raffa y Priester, 1985). Por su parte Bernard y Philogene (1993) y Guedes *et al.* (1995) mencionan que el BP actúa sobre el Citocromo P450 microsomal monooxigenasa y ha sido usado para estudiar la acción de estas enzimas en la resistencia a insecticidas. Es usado para aumentar la toxicidad de las piretrinas (en proporción de 1:1 hasta 1:12), para prolongar la acción del piretro en ciertas aplicaciones, reducir sustancialmente la cantidad de componentes activos de piretroides sin que éste pierda la capacidad insecticida, para el control de razas resistentes y determinar las causas fisiológicas de la resistencia ya que como se señaló el BP inhibe oxidasas) De Liñán (1997);

Cremllyn (1995); Lagunes y vázquez (1994). Además De Liñán (1997) menciona que el BP no tiene evidencias de fitotoxicidad.

Estudios de mecanismo bioquímicos de resistencia a organofosforados en poblaciones de *Rhyzopertha dominica* de Brasil y E.U.A. señalan que el BP se mostró más antagonista que sinérgico a malation y pirimifos metil, pero mostró buenos resultados de sinergismo se obtuvieron con clopirifos metil (Guedes *et al.*, 1997).

En poblaciones del picudo de la zanahoria *Listronatus oregonensis* con BP aumentó entre 3 y 5 veces la toxicidad de la piretrina (Pree *et al.*, 1996).

En investigaciones de laboratorio realizadas por Pérez (2000) con picudo del chile *Anthonomus eugenii* menciona que el BP mostró efectos sinérgicos en los diferentes grupos de insecticidas: organofosforados, carbámicos, piretroides y clorados; especialmente en la mezcla con carbarilo.

### **DietilMaleato**

**Formula Estructural:**



De acuerdo con Casida (1970) y Raffa y Priester (1985) el DEM es un sinergista soluble en agua y puede no penetrar la cutícula de algunos insectos. Actúa en el mecanismo de detoxificación de GST en adición de los siguientes insecticidas: paration, malation y dimethoato.

En la desactivación metabólica de la resistencia por GST, existe poca información, pero se sabe que la reacción completa involucra la conjugación del compuesto extraño con un glutation reducido, seguida por una transferencia del grupo glutamato, una pérdida de glicina, y finalmente una acetilación. Un número importante de enzimas cataliza los diversos pasos en la biosíntesis del ácido mercaptúrico, en contraste con otros procesos de conjugación del glutation no requiere una elevada energía intermedia que involucre ATP (Dauterman, 1983).

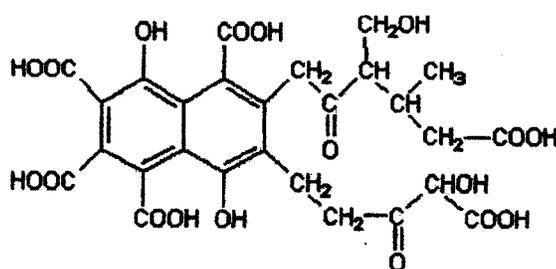
Guedes *et al.* (1997) en estudios realizados con poblaciones de *R. dominica* reportaron que los sinergistas Trifenil Fosfato (TPP) y DEM muestran ser sinérgicos con pirimifos metil, pero lo mismo no se observó con malation y clorpirifos metil.

Pérez (2000) mostró que en poblaciones de *A. eugenii* en condiciones de laboratorio el DEM obtuvo efecto sinergista solo en insecticidas organofosforados (paration metílico y metamidofos).

## Ácidos fúlvicos

Aun cuando existe poca información de estos compuestos los incluimos en este apartado.

**Modelo estructural de ácidos fúlvicos por Buffle, citado por Stevenson (1982).**



Los ácidos fúlvicos son solubles en agua a cualquier condición de pH medio, permanecen en solución después de la separación de ácidos húmicos (AH) por acidificación, son de color amarillo oscuro, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 Kda), con 45 % de carbón y 48 % de oxígeno (Schnitzer, 2000).

Los ácidos fúlvicos son compuestos constituidos por grupos carboxílicos y fenólicos. Estos grupos cuando están en forma, pueden absorber cationes, siendo los cationes bivalentes los que más fuerte se adhieren a estas cargas negativas, seguido por cationes monovalentes (FAGRO, 2001).

Los AF participan en la apertura de los estomas e incrementa la permeabilidad de las membranas celulares. Por esta razón, la absorción foliar de

nutrimentos o reguladores de crecimiento, es más eficiente cuando se utiliza en la mezcla los ácidos fúlvicos, además la translocación dentro de la planta también se mejora. Estos son más eficientes como potenciadores de aplicaciones foliares que los AH, además, la solubilidad de los fúlvicos es completa en cualquier nivel de pH de la solución de aspersión. En tanto que los AH tienden a precipitarse en soluciones ácidas (FAGRO, 2001).

**Nutri-Full** fue el producto comercial que se utilizó para proporcionar el AF. Es un concentrado 100% orgánico a base de ácidos fúlvicos bioactivados enzimáticamente, los cuales incrementan notablemente la absorción, asimilación y movilización de los nutrientes del suelo, lo que le permite a la planta un mejor desarrollo general, obteniéndose con esto mejores y mayores cosechas. Además cuando se usa vía foliar incrementa la efectividad de los agroquímicos con los que se mezcla (insecticidas, fungicidas y herbicidas) al aumentar la velocidad de traslocación de éstos dentro de las plantas (SAGAL, 2001).

Mendoza (1995) hace referencia al AF como un compuesto sinergista contra el picudo de la yema del manzano *Anametis granulatus* (Say) en diferentes insecticidas (permetrina, deltametrina, malation, paration metílico, metomilo, carbarilo, azinfos metílico), en donde obtuvo que la mezcla de AF + piretroides fue donde se encontró mayor grado de “sinergismo”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó bajo condiciones de laboratorio en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) de enero-mayo del 2001.

### Colecta del Material Biológico

Los especímenes del barrenador grandes de los granos fueron colectados en bodegas del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN, ubicada en Buenavista a 7 Km al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Geográficamente localizada a una Latitud de 25° 23' N y a 101° 02' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,723 msnm.

Éstas colectas se realizaron a principios de enero del 2001 sobre maíz dañado, el sistema de extracción utilizado fue usando dos cribas de tela metálica de punto de plata, la primera de 2.38 mm y la segunda de 1.41 mm para separar el adulto del grano dañado y para permitir a su vez el paso del polvo por el daño del insecto. En donde se depositó el maíz con el barrenador *P. truncatus* y con la ayuda de golpes suaves se extrajo a los adultos; los cuales se colocaban en un recipiente de plástico con capacidad de un litro, adicionándoles maíz nuevo,

esto con el fin de que los barrenadores se alimentaran y se mantuvieran por el tiempo necesario en tanto se efectuaban los bioensayos.

### **Evaluación del Estado de Susceptibilidad a Insecticidas**

Esta parte del estudio se realizó en dos etapas, la primera para determinar el rango de concentración de respuesta del insecto a los insecticidas (Ventana biológica) y la segunda para determinar las líneas de respuesta concentración-mortalidad.

#### **Determinación del rango de respuesta**

La evaluación se realizó sobre adultos de *P. truncatus* por la técnica de exposición a residuos de insecticidas secos (Película residual) sobre la superficie interna de frascos de vidrio (Gerber de 120 ml de capacidad) de acuerdo con la metodología citada por Lagunes y Vázquez (1994). Para la preparación de las concentraciones de los insecticidas se utilizó acetona para producir primeramente una solución base de 10 ml a 10,000 ppm, de donde se partió para realizar las diluciones a concentración de 1000, 100, 10, 1, 0.1, y 0.01, de las cuales se prepararon un volumen de 10 ml de solución en frascos de vidrio ámbar de 30 ml de capacidad, con la ayuda de pipetas de diferentes capacidades (10.0, 5.0, 1.0 y 0.1)

Una vez preparadas las concentraciones, de cada una de éstas, se extraía con una pipeta 1 ml de solución, el cual fue colocado en cada uno de los frascos, escogidos con anterioridad para formar la película residual para cada tratamiento (concentración). Por otro lado, otra cantidad igual de 1 ml de acetona se usó para el testigo. Después los frascos se rodaron sobre una superficie lisa con la ayuda de la palma de la mano, para distribuir la solución y facilitar la evaporación de todo el solvente. De esta manera se formó la película del tóxico sobre las paredes internas de los frascos. Una vez seca la película se colocó de 15 a 20 adultos de *P. truncatus* por frasco procurando fueran de igual tamaño y vigorosidad; (esto fue por tener una población colectada de campo). La extracción de los adultos de *P. truncatus* fue por medio de calor, la cual consistió en poner una pequeña cantidad de maíz sobre una hoja de papel, para posteriormente exponerla a una parrilla eléctrica y una vez que los adultos se separaban del maíz con la ayuda de un pincel se colectaban y se colocaban en los frascos con la película residual correspondiente.

Los adultos de *P. truncatus* se mantuvieron en los frascos en el interior del laboratorio durante 24 horas antes de ser examinados para determinar la mortalidad. El criterio de muerte fue considerar muertos a los individuos expuestos, si al momento de ponerlos al calor proveniente de una parrilla eléctrica durante un minuto aproximadamente sus movimientos no eran coordinados.

Una vez obtenido los porcentajes de mortalidad para las diferentes concentraciones de cada producto insecticida, se determinó el rango en que se

manifestó mortalidad de entre el 10 y 90 por ciento, y se determinaron las concentraciones con las cuales se realizaron posteriormente los bioensayos para determinar las líneas de respuesta concentración-mortalidad.

### **Determinación de las líneas de respuesta concentración-mortalidad**

Basándose en los resultados de mortalidad obtenidos de los bioensayos realizados para determinar el rango de respuesta, se estimaron y corrieron las concentraciones finales para la determinación de las líneas de respuesta concentración-mortalidad de los adultos de *P. truncatus* a los insecticidas citados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Insecticidas utilizados para la evaluación del estado de susceptibilidad de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

NOMBRE	GRUPO	CONCENTRACIÓN	FORMULACIÓN
TÉCNICO	TOXICOLÓGICO*	DE I.A. (%)	
Malation	Organofosforado con uno o dos grupos carboxietil	97.0	CE
Carbarilo	Carbamato cíclico monometil	80.0	PH
Deltametrina	Piretroides	2.5	CE

\*según información citada por Lagunes y Rodríguez (1983)

Las concentraciones seleccionadas para malation y deltametrina fueron de 1, 0.7, 0.3, 0.1, 0.07, 0.03 y 0.01 ppm respectivamente, mientras que para carbarilo fueron de 1000, 100, 10, 1, 0.1 y 0.01 ppm. La metodología de exposición y toma de datos de mortalidad con que se llevaron a cabo los bioensayos para la determinación de las líneas de respuesta concentración-mortalidad fue la misma que para el caso de la determinación del rango de respuesta, citada anteriormente.

Con los porcentajes de mortalidad obtenidos a partir de número de adultos de *P. truncatus* expuestos por tratamiento se corrió el programa de computadora Análisis Probit elaborado por Camacho (1995)\*, con el cual se obtuvo la  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$ , ecuaciones de predicción de las líneas de respuesta concentración-mortalidad y límites fiduciales. Los resultados fueron graficados en papel logaritmo-Probit, además se calculó el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y la chi cuadrada ( $\chi^2$ ).

De acuerdo a las  $CL_{50}$  se calculó la proporción de susceptibilidad de *P. truncatus*, la cual nos determina a que producto insecticida es más susceptible el barrenador y en que proporción y para ello se aplicó la fórmula citada por Lagunes y Vázquez (1994).

$$PS = \frac{CL_{50} \text{ del mayor}}{CL_{50} \text{ del menor}}$$

\* Camacho, C.O. 1995. Programa de análisis probit por computadora. Colegio de Postgraduados.

Donde

PS = Proporción de susceptibilidad

CL<sub>50</sub> del mayor = CL<sub>50</sub> del insecticida que manifestó la mayor concentración

CL<sub>50</sub> del menor = CL<sub>50</sub> del insecticida que manifestó la menor concentración

### **Evaluación del Efecto de las Mezclas de Insecticidas + Sinergistas y AF.**

Para la evaluación del efecto sinergista se utilizaron dos productos sinergistas y el ácido fúlvico en mezcla con los tres insecticidas previamente citados, obteniendo nueve mezclas como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Mezclas de insecticidas + sinergistas y ácido fúlvico utilizadas sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDAS	SINERGISTAS		
	BUTÓXIDO PIPERONILO	DIMETILMALEATO	ÁCIDO FÚLVICO
Malation	Malation + BP	Malation + DEM	Malation + AF
Carbarilo	Carbarilo + BP	Carbarilo + DEM	Carbarilo + AF
Deltametrina	Deltametrina + BP	Deltametrina + DEM	Deltametrina + AF

En la evaluación de el efecto de las mezclas de insecticidas + sinergistas y AF sobre *P. truncatus*, primeramente se determinaron las concentraciones necesarias para realizar los bioensayos a fin de obtener las líneas de respuesta

concentración-mortalidad que se citan en el cuadro 4, tomando como base los resultados de mortalidad obtenidos en los bioensayos descritos anteriormente.

Cuadro 4. Concentraciones utilizadas para la obtención de las líneas de respuesta concentración-mortalidad de las mezclas de insecticidas + sinergistas y ácido fúlvico (AF) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

MEZCLAS DE INSECTICIDAS + SINERGISTAS y AF	CONCENTRACIONES EN ppm
Malation + BP	10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001
Malation + DEM	10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001
Malation + AF	10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001
Carbarilo + BP	100, 10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03 y 0.01
Carbarilo + DEM	100, 10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03 y 0.01
Carbarilo + AF	100, 10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03 y 0.01
Deltametrina + BP	1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001
Deltametrina + DEM	1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001
Deltametrina + AF	1, 0.3, 0.1, 0.03, 0.01, 0.003 y 0.001

Todas las mezclas de insecticidas + sinergistas y AF se hicieron en razón de 1:5 (insecticida + PB, DEM, AF), y se agregó un testigo con solvente + sinergista y/o AF usando siempre la concentración mayor de sinergista y/o AF utilizada para cada mezcla. La metodología para preparar las concentraciones

citadas en el cuadro 4, la exposición y la evaluación de mortalidad de *P. truncatus* fueron las mismas citadas con anterioridad.

Cuando en los frascos usados como testigo se presentó mortalidad de los insectos menor al 15 por ciento, los datos del bioensayo se corrigieron mediante la fórmula de Abbott (1925).

$$MC = \frac{[X - Y]}{Y - 100} \times 100$$

Donde

MC = % Mortalidad corregida

X = % Mortalidad en el tratamiento

Y = % Mortalidad en el testigo

Las líneas de regresión al igual que para la determinación de las líneas de respuesta concentración-mortalidad de la evaluación del estado de susceptibilidad a insecticidas fueron estimados mediante Análisis Probit (Camacho, 1995), donde también se obtuvo la  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$ , ecuaciones de predicción de la recta concentración-mortalidad, límites fiduciales, además también se calculó la  $r^2$  y  $\chi^2$ . Los resultados fueron graficados en papel logaritmo-Probit.

Así mismo, para cada una de las mezclas de insecticidas + sinergistas y AF se calculó la razón sinérgica, índice que sirve para definir el grado de interacción existente en la mezcla entre un compuesto tóxico y el sinergista, para ello se utilizó la fórmula citada por Pérez, (2000)

$$RS = \frac{CL_{50} \text{ insecticida}}{CL_{50} \text{ insecticida} + \text{sinergista}}$$

Donde

RS = Razón sinérgica

CL<sub>50</sub> insecticida = CL<sub>50</sub> insecticida sólo

CL<sub>50</sub> insecticida + sinergista y/o AF

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el objeto de poder establecer una secuencia más clara que nos permita entender los resultados de la presente investigación, se discutirán en dos apartados que son: estado de susceptibilidad de *P. truncatus* a insecticidas y evaluación del efecto de las mezclas de insecticidas + sinergistas y/o AF.

### Estado de Susceptibilidad de *P. truncatus* a Insecticidas

Para cada uno de los productos insecticidas se obtuvieron las líneas de respuesta concentración–mortalidad para conocer la concentración que mata al 50 y 95 por ciento de la población ( $CL_{50}$  y  $CL_{95}$ ) del barrenador grande de los granos. Los productos químicos de valores de  $CL_{50}$  más bajos (más susceptibles) contra los adultos de *P. truncatus* fueron, en primer lugar la deltametrina al presentar la  $CL_{50}$  de 0.111 ppm, seguido por el malation con 0.393 ppm; productos autorizados por la GPAUA (2000) para dicha plaga. El carbarilo, que no se reporta como producto autorizado por la GPAUA (2000) fue el producto químico con la  $CL_{50}$  más alta registrando 88.473 ppm. Los valores correspondientes a las  $CL_{50}$ , y  $CL_{95}$  y límites fiduciales obtenidos en la presente investigación se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Concentraciones letales y límites fiduciales de insecticidas sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

PRODUCTO	ppm			
	LÍMITES FIDUCIALES 95 %			
	CL <sub>50</sub>	INFERIOR	SUPERIOR	CL <sub>95</sub>
Malation	0.393	0.302	0.537	19.583
Carbarilo	88.473	45.507	198.937	517,460.515
Deltametrina	0.111	0.094	0.134	0.920

Al analizar los valores de la pendiente estimada ( $\hat{b}$ ) de las líneas de respuesta concentración–mortalidad (Cuadro 6), se observó que los productos químicos que tienden más a la vertical son deltametrina ( $\hat{b}=1.791$ ) y malation ( $\hat{b}=0.969$ ), por lo tanto se asume que esta población tiene menos variabilidad genética en cuanto dicha respuesta, caso contrario para el carbarilo, ya que presenta una línea de concentración–mortalidad que tiende más a la horizontal, al presentar un valor de la pendiente más bajo ( $\hat{b}=0.437$ ), lo cual indica que existe una alta variabilidad genética o bien su efectividad sobre el tóxico es muy baja. Con respecto a la CL<sub>95</sub>, se observa que el carbarilo al presentar la línea concentración–mortalidad con mucha tendencia a la horizontal requirió de la concentración estimada más alta con un valor exagerado de 517,460.515 ppm, mientras que para deltametrina y malation su concentración fue mucho menor (Figura 5).

En cuanto a los coeficientes de determinación ( $r^2$ ), se observa que el malation y deltametrina presentan un buen ajuste de 0.941 y 0.871 respectivamente; en tanto el carbarilo presenta un ajuste regular de 0.730. De acuerdo a la prueba de ajuste de la chi cuadrada estadística ( $\chi^2$ ), en términos generales se puede enfatizar que las diferencias entre los puntos observados y estimados son no significativas, ya que los valores expresados fueron muy bajos. El nivel de significancia ( $\alpha$ ) estimado fue alto con un valor de 0.99, lo que indica que se tiene un 99 por ciento de confianza en respuesta de la población de *P. truncatus* en los bioensayos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Ecuaciones de predicción, coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y chi cuadrada ( $\chi^2$ ) de cada uno de los bioensayos de los insecticidas en adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDAS	ECUACIONES DE PREDICCIÓN	$r^2$	$\chi^2$	g.l.	P
Malation	$\hat{Y} = 5.393+0.969x$	0.941	0.277	5	0.99
Carbarilo	$\hat{Y} = 4.150+0.437x$	0.730	0.071	3	0.99
Deltametrina	$\hat{Y} = 6.710+1.791x$	0.871	0.044	3	0.99

Con respecto al estado de susceptibilidad de la población de *P. truncatus* a los diferentes insecticidas, se cálculo la proporción de susceptibilidad (PS) basándonos en la  $CI_{50}$  y se obtuvo que los adultos de *P. truncatus* son más susceptible a deltametrina que a carbarilo en 797.2X y que a malation en 3.5X; y que *P. truncatus* es más susceptible a malation que a carbarilo en 225.2X.

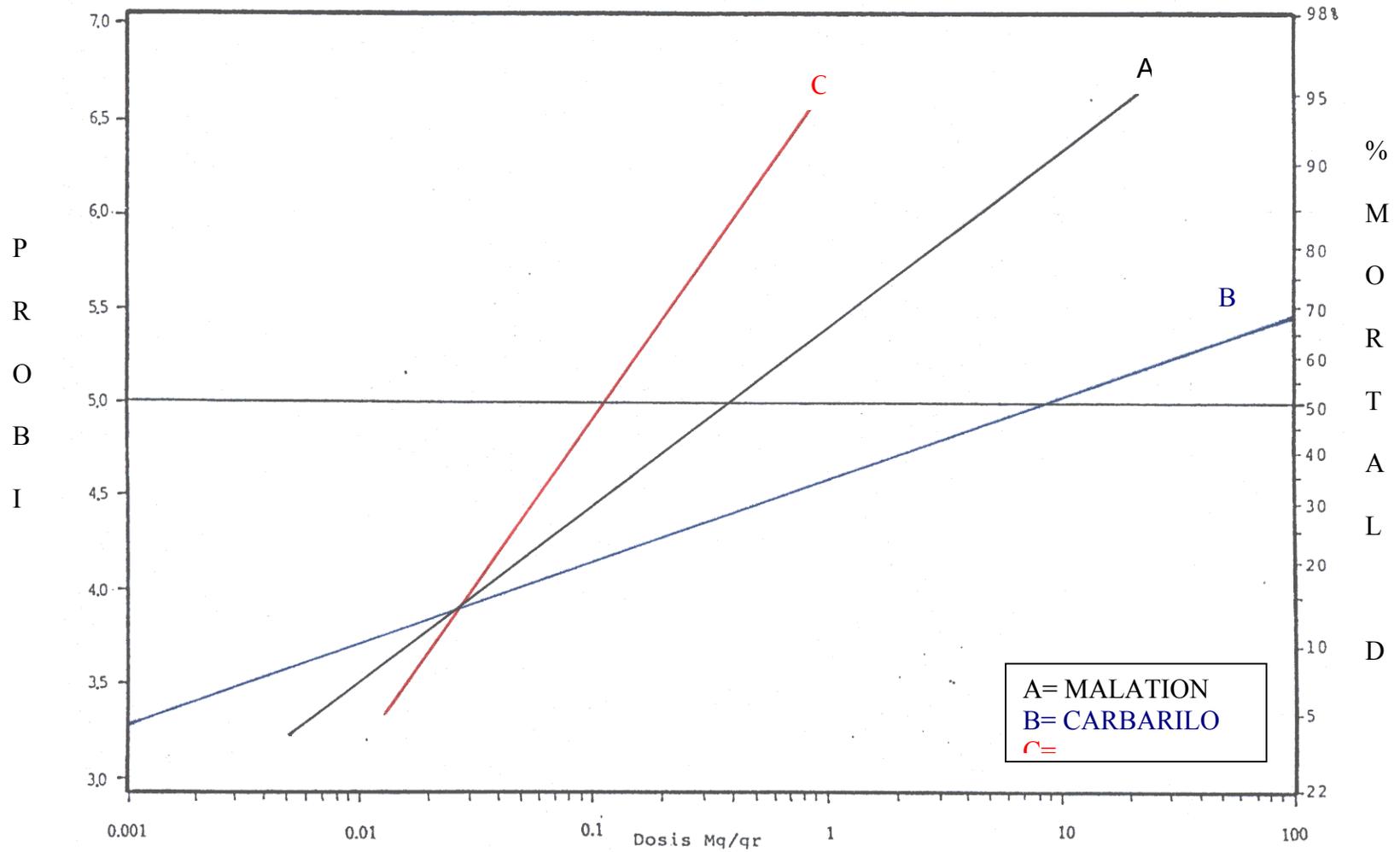


Figura 5. Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de *Prostephanus truncatus* Horn a los insecticidas malation, carbarilo y deltametrina. 2001.

## Evaluación del Efecto de las Mezclas de Insecticidas + Sinergistas y AF.

Para un mejor entendimiento del siguiente apartado de resultados del presente estudio lo discutiremos en tres apartados, según sean las mezclas con sinergistas y el AF.

Las ecuaciones de predicción de las rectas para las diferentes mezclas de insecticidas + sinergistas se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Ecuaciones de predicción obtenidas de bioensayos de insecticidas y de mezclas con los sinergistas butóxido de piperonilo (BP) y dietilmaleato (DEM), y el ácido fúlvico (AF) en adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

ECUACIONES DE PREDICCIÓN			
INSECTICIDA	MEZCLAS CON		
	BP	DEM	AF
Malation	$\hat{Y}=5.886+0.786x$	$\hat{Y}=6.493+1.071x$	$\hat{Y}=6.468+0.969x$
Carbarilo	$\hat{Y}=5.368+0.571x$	$\hat{Y}=5.037+0.503x$	$\hat{Y}=5.135+0.831x$
Deltametrina	$\hat{Y}=7.978+1.319x$	$\hat{Y}=6.528+0.915x$	$\hat{Y}=6.961+0.967x$

## **Insecticidas + BP**

En este apartado en el cuadro 8 se puede apreciar que la mezcla que registró un valor de la  $CL_{50}$  menor fue deltametrina + BP con una  $CL_{50}$  de 0.006 ppm, seguida por la mezcla malation + BP con 0.075 ppm. La mezcla de carbarilo + BP fue la que más alta  $CL_{50}$  registró 0.227 ppm. En general, tanto la deltametrina como el malation y carbarilo aumentan su toxicidad al mezclarse con el BP. En lo que se refiere a los límites fiduciales de la mezcla de los insecticidas + BP, se puede observar que son estadísticamente diferentes entre sí al no translaparse en ningún punto de la gráfica (Figura 9).

En el análisis de la razón sinérgica (RS), para medir el grado de sinergismo observado en los diferentes productos (Cuadro 11), se obtuvo que la mezcla deltametrina + BP fue de 20.1X mayor la efectividad de mortalidad con respecto al insecticida sólo, mientras que para malation + BP fue 5.3X, por su parte Guedes *et al.* (1997), en investigaciones realizadas en laboratorio sobre poblaciones de *Ryzopherta dominica* encontraron que la mezcla de malation + BP resultó ser antagonista. La mezcla con mayor efecto sinérgico fue la de carbarilo + BP con 390.5X, aunque como ya se citó en cuanto a la eficiencia del producto sólo contra el barrenador es baja, pero ambos resultados de las mezclas de malation y carbarilo + BP son muy similares a los reportados por Pérez (2000) ya que encontró efectos sinérgicos en los diferentes grupos de insecticidas: organofosforados y carbámicos, especialmente en la mezcla con carbarilo en poblaciones de *A. eugenii*. Cabe aclarar que las tres mezclas se catalogan con

interacción sinergista efectiva. Lo anterior indica, de acuerdo con Casida (1970); Georghiou (1983); Raffa y Priester (1985), que las FOM son causa importante de la resistencia en adultos de *P. truncatus* a los tres insecticidas estudiados.

Con lo que respecta a los coeficientes de determinación se observa que la mezcla deltametrina + BP presenta un ajuste regular de 0.725, en tanto la mezcla malation + BP como la del carbarilo + BP, presentan ajustes malos de 0.590 y 0.545 respectivamente. De acuerdo con la prueba de ajuste de chi cuadrada, nos indica que se tiene una confiabilidad del 99 por ciento para las tres mezclas de insecticidas + BP (Cuadro 8).

Las gráficas de las respuestas concentración-mortalidad de los adultos de *P. truncatus* a dichos productos y sus mezclas con el sinergistas BP se presentan en la Figura 6, donde se aprecia el movimiento de las líneas de respuesta concentración-mortalidad.

### **Insecticidas + DEM**

Con lo que respecta a la mezcla de deltametrina + DEM se puede observar que la  $CL_{50}$  fue la más baja con 0.021 ppm, seguida por la mezcla malation + DEM que requirió 0.040 ppm, en cambio, la mezcla que mostró una mayor  $CL_{50}$  fue la de carbarilo + DEM con 0.843 ppm (Cuadro 9). Cabe hacer mención que para el caso de los límites fiduciales de las mezclas de insecticidas + DEM, son estadísticamente diferentes entre sí como se muestran en la figura 9.

Cuadro 8. Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y chi cuadrada ( $\chi^2$ ) de insecticidas en mezcla con butóxido de piperonilo (BP) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDA + BP	ppm				$r^2$	$\chi^2$	g.l.	P
	CL <sub>50</sub>	LÍMITES FIDUCIALES 95 %		CL <sub>95</sub>				
		INFERIOR	SUPERIOR					
Malation	0.075	0.056	0.101	9.222	0.590	0.097	6	0.99
Carbarilo	0.227	0.150	0.337	171.328	0.545	0.154	5	0.99
Deltametrina	0.006	0.004	0.007	0.098	0.725	0.026	2	0.99

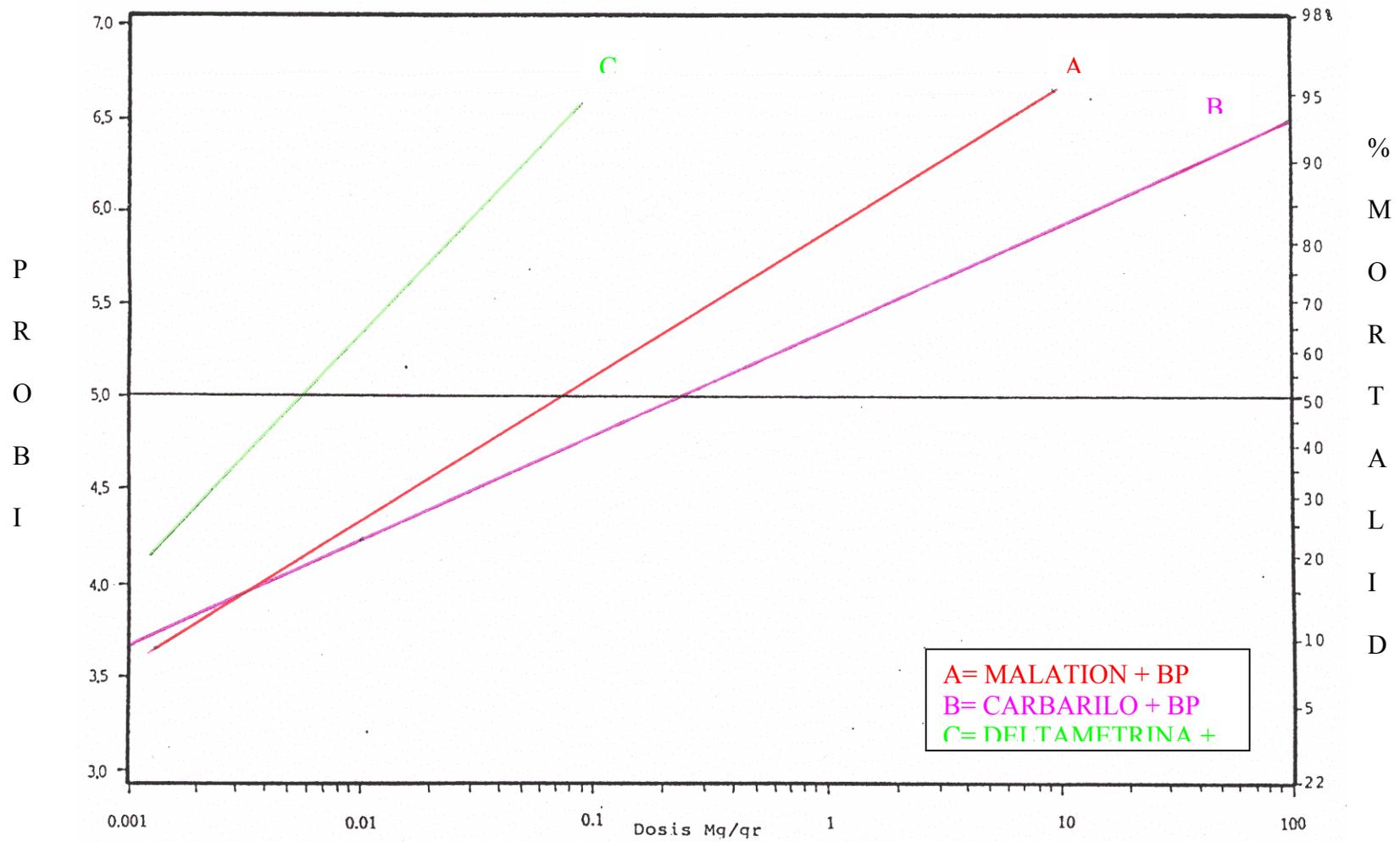


Figura 6. Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de *Prostephanus truncatus* Horn a malation, carbarilo y deltametrina en mezcla con butóxido de piperonilo (BP). 2001.

En lo que se refiere a los coeficientes de determinación, se observa que la mezcla de deltametrina + DEM presenta un ajuste regular de 0.733; en el caso de las mezclas de malation + DEM y carbarilo + DEM presentaron ajustes malos de 0.536 y 0.484 respectivamente. Pero basándose en la prueba de chi cuadrada podemos decir que existe un 99 por ciento de confiabilidad para los tres bioensayos con DEM (Cuadro 9).

Acorde a lo anterior las tres mezclas de insecticidas con DEM manifestaron sinergismo (Cuadro 11); sin embargo, la mezcla de carbarilo + DEM sigue manteniéndose al igual que la mezcla de carbarilo + BP con mayor RS de 104.9X, aunque tomando en cuenta que la  $CL_{50}$  de la mezcla es mayor que las mezclas de deltametrina + DEM y malation + DEM (Cuadro 9). Por otro lado, la mezcla de malation + DEM mostró en segundo lugar una interacción de sinergismo con una RS de 9.7X, pero en estudios realizados por Guedes *et al.* (1997) con poblaciones de *R. dominica* procedentes de Brazil y EUA obtuvieron que las mezclas de malation + DEM fueron antagonista. Para la mezcla de deltametrina + DEM su RS fue de 5.2X. Lo anterior indica, de acuerdo con Casida (1970); Georghiou (1983); Raffa y Priester (1985), que las enzimas GST (que actúan sobre radicales metílicos) son inhibidas con las mezclas de los insecticidas + DEM sobre adulto de *P. truncatus*, lo cual nos indica que también la GST son causa de resistencia en el gorgojo grande de los granos; es decir, que tanto las FOM como la GST inhiben o distraen sistemas enzimáticos que permiten determinar, que participan para que el insecto exprese resistencia a los fosforados y a él carbámico.

Las gráficas de las respuestas concentración-mortalidad de los adultos de *P. truncatus* a dichos productos y sus mezclas con el sinergista DEM se presentan en la figura 7, donde se aprecia el movimiento de las líneas de respuesta concentración-mortalidad.

### **Insecticidas + AF**

Para el caso de las mezclas de insecticidas + AF, la mezcla que se sigue registrando los valores menores de  $CL_{50}$ , es la mezcla de deltametrina + AF con 0.009 ppm, seguida por la mezcla del malation + AF con 0.036 ppm. La mezcla que registró el valor de la  $CL_{50}$  mayor, fue la de carbarilo + AF con 0.689 ppm (Cuadro 10). De acuerdo con los límites fiduciales las tres mezclas son estadísticamente diferentes entre sí (Figura 9).

El cuadro 10 nos muestra que el coeficiente de determinación presenta un ajuste bueno de 0.833 para la mezcla de deltametrina + AF y regular de 0.790 para las mezclas de malation + AF, mientras que para la mezcla de carbarilo + AF su ajuste fue mas bajo de 0.705. La prueba de ajuste de  $\chi^2$  nos indica que tenemos un 99 por ciento de confiabilidad.

En el análisis de la razón sinérgica (RS), cabe hacer mención que la mejor mezcla con interacción sinérgica es la de carbarilo + AF con una RS de 128.4X (Cuadro 11). Mientras que para el caso de las mezclas de deltametrina + AF y malation + AF, aunque también tienen buen efecto aparentemente sinérgica

y se consideran estadísticamente iguales entre ellas, al presentar una RS de 11.8X y 10.9X respectivamente. Sin embargo, aunque no existe literatura sobre el efecto del AF en insectos, se debe apegar en lo que se cita para plantas, de que este tipo de productos permite una fuerte absorción de estos compuestos y/o productos que con el se mezclan lo que permite un excelente efecto de penetración y de traslocación una vez en el interior (FAGRO, 2001). Por lo anterior el AF es muy probable que no presente una acción sinergista al distraer o inhibir sistemas enzimáticos sino que más bien será de quasisinergismo, es decir de lograr que el producto penetre más rápidamente y en mayores cantidades aprovechando los canalículos que el insecto tiene en su cutícula. Esta es probablemente la causa de que se logre un aumento en la eficiencia de los insecticidas aplicados.

Por otra parte en investigaciones de Mendoza (1995) en poblaciones de *A. granulatus* bajo condiciones de laboratorio obtuvo que los tres grupos de insecticidas del presente estudio obtuvieron efecto “sinérgico”, y menciona que la mezcla de carbarilo + AF fue donde se encontró mayor grado de “sinérgico”.

Las gráficas de las respuestas concentración-mortalidad de los adultos de *P. truncatus* a dichos productos y sus mezclas con el AF se presentan en la figura 8, donde se aprecia el movimiento de las líneas de respuesta concentración-mortalidad.

Cuadro 9. Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y chi cuadrada ( $\chi^2$ ) de insecticidas en mezcla con dimetilmaleato (DEM) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDA + DEM	ppm				$r^2$	$\chi^2$	g.l.	P
	LÍMITES FIDUCIALES 95 %							
	CL <sub>50</sub>	INFERIOR	SUPERIOR	CL <sub>95</sub>				
Malation	0.040	0.032	0.052	1.388	0.536	0.156	5	0.99
Carbarilo	0.843	0.496	1.733	1577.048	0.484	0.069	4	0.99
Deltametrina	0.021	0.016	0.028	1.342	0.733	0.023	4	0.99

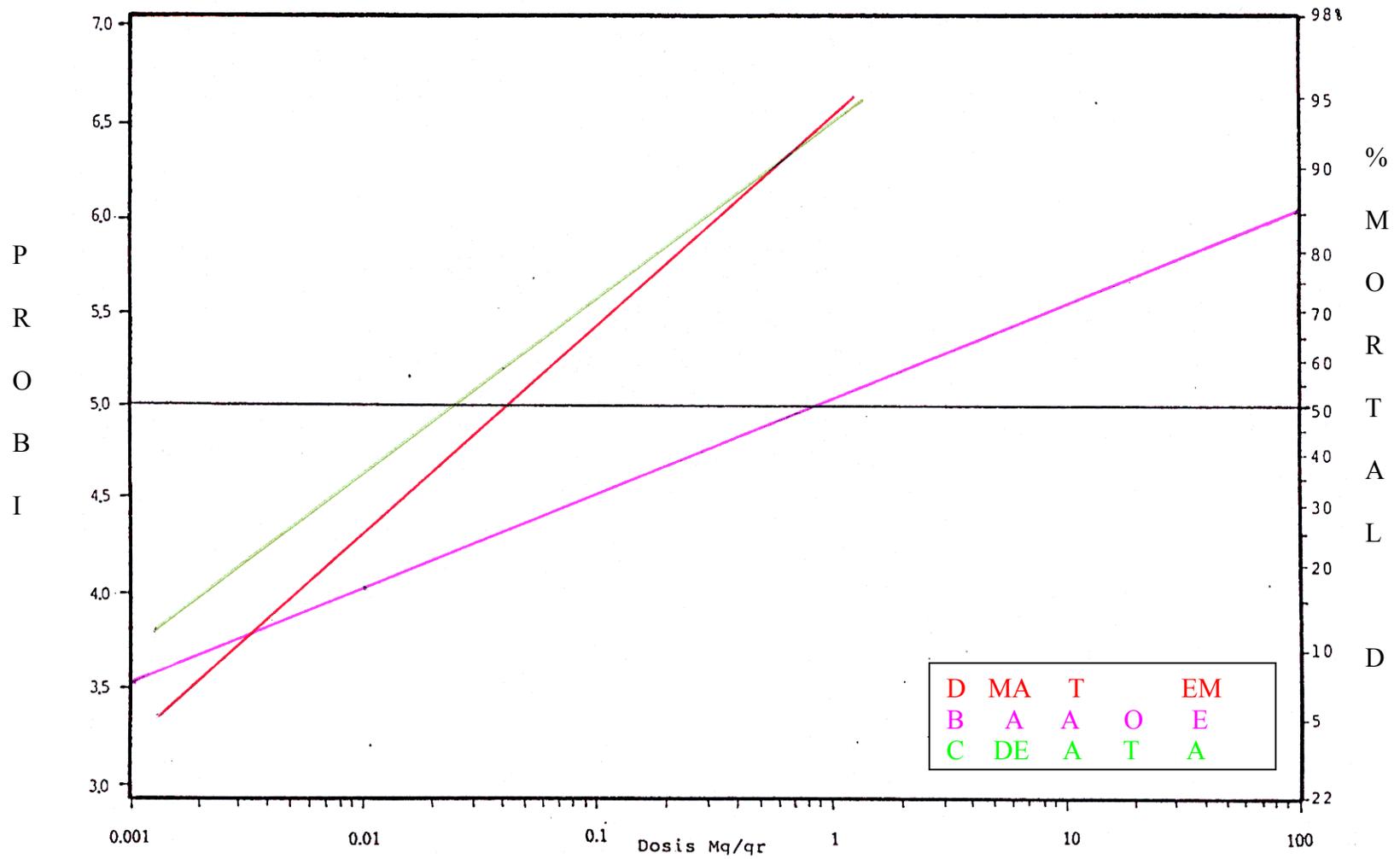


Figura 7. Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de *Prostephanus truncatus* Horn a malatión, carbarilo y deltametrina en mezcla con dimetilmaleato (DEM). 2001.

Cuadro 10. Concentraciones letales, límites fiduciales, coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y chi cuadrada ( $\chi^2$ ) de insecticidas en mezcla con ácido fúlvico (AF) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDA + AF	ppm				$r^2$	$\chi^2$	g.l.	P
	LÍMITES FIDUCIALES 95 %							
	CL <sub>50</sub>	INFERIOR	SUPERIOR	CL <sub>95</sub>				
Malation	0.036	0.023	0.041	1.523	0.790	0.037	4	99
Carbarilo	0.689	0.514	0.941	65.632	0.705	0.016	5	99
Deltametrina	0.009	0.007	0.012	0.471	0.833	0.027	3	99

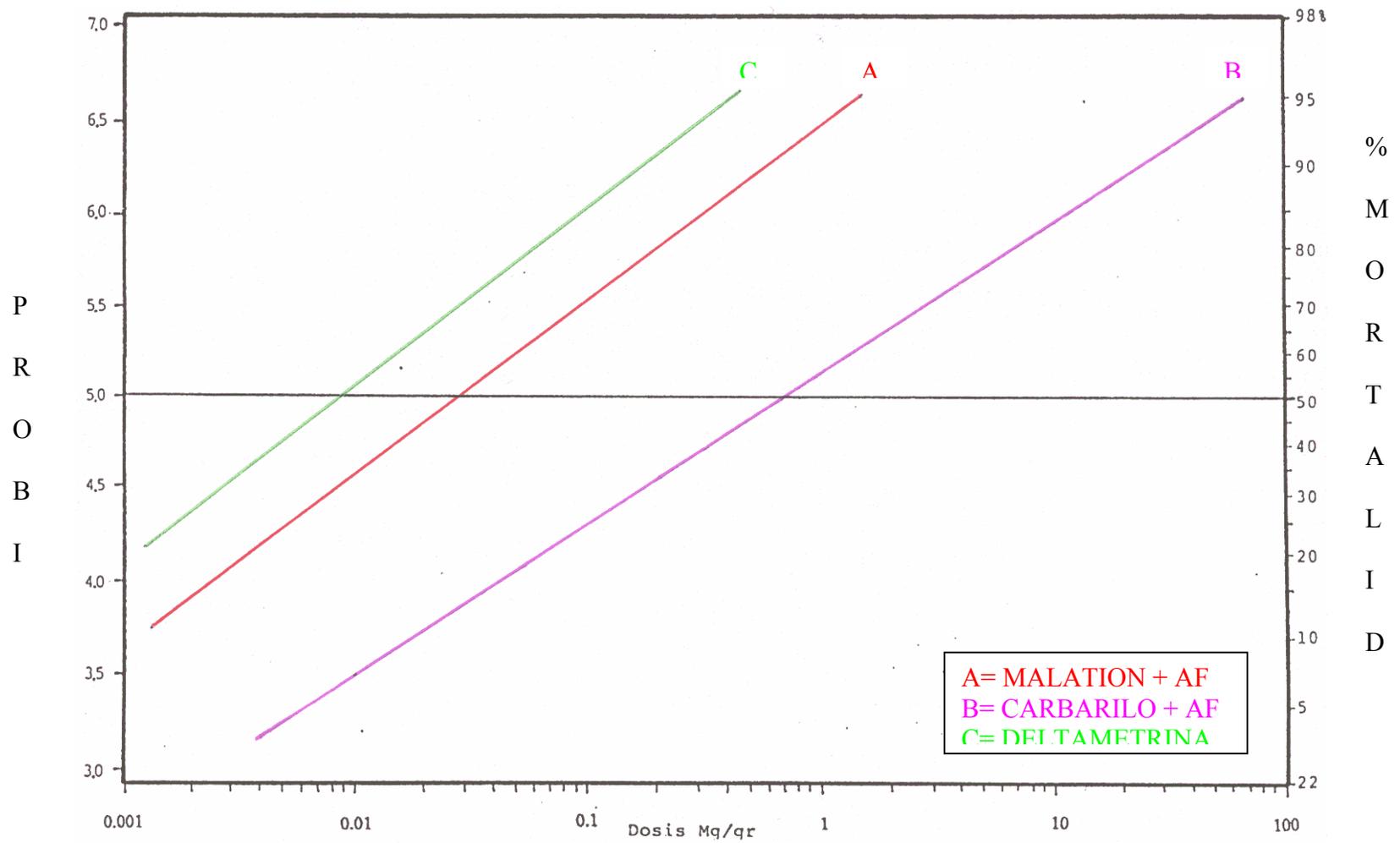


Figura 8. Líneas de respuesta concentración-mortalidad de adultos de *Prostephanus truncatus* Horn a malation, carbarilo y deltametrana en mezcla con ácido fólvico (AF). 2001.

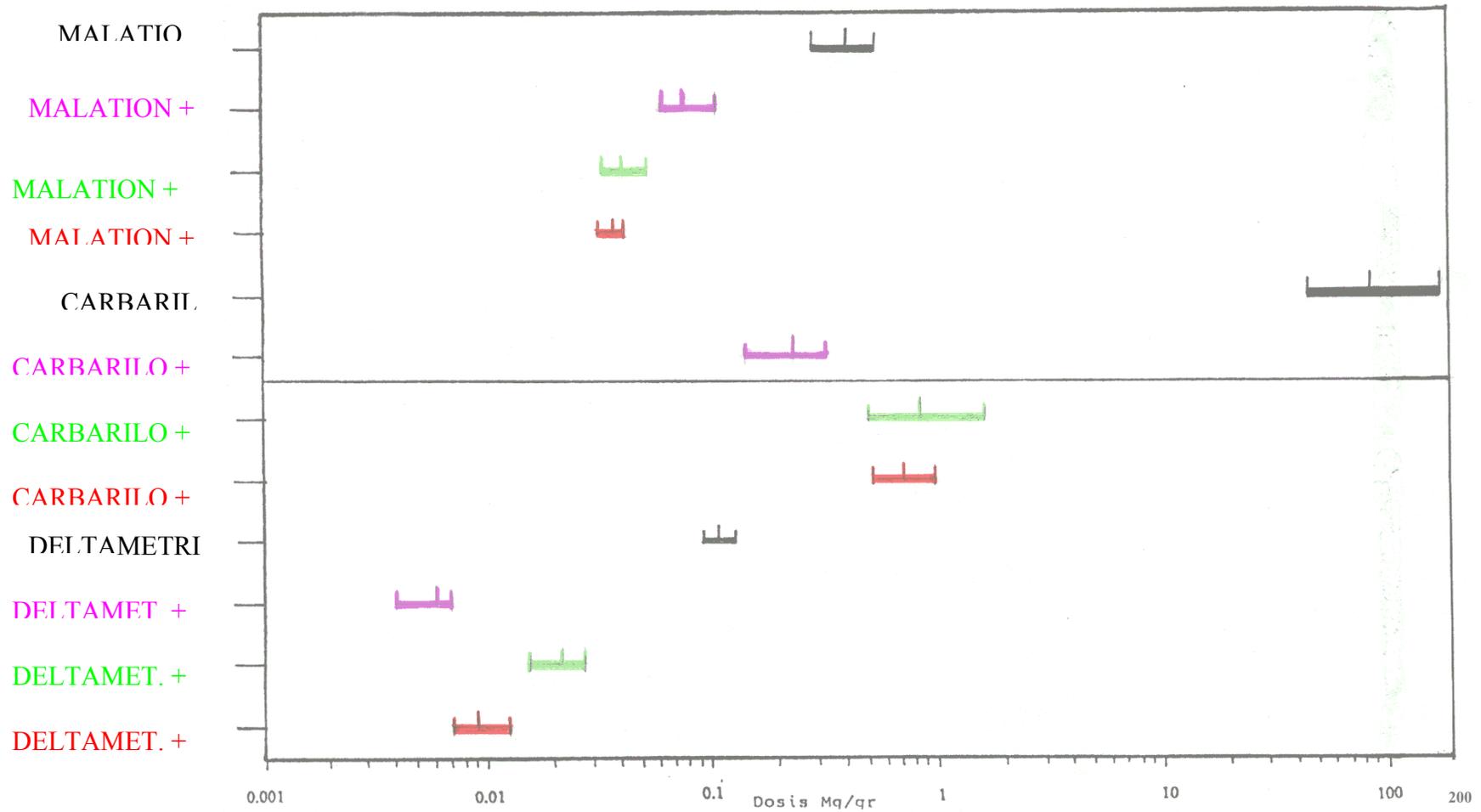


Figura 9. CL<sub>50</sub> y Límites fiduciales de todos los productos insecticidas y sus mezclas con los sinergistas: butóxido de piperonilo (BP), dimetilmaleato (DEM) y ácido fúlvico (AF). 2001.

Cuadro 11. Razón sinérgica de las mezclas de insecticidas con butóxido de piperonilo (BP), dietilmaleato (DEM) y ácido fúlvico (AF) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001.

INSECTICIDA	SINERGISTA		
	BP	DEM	AF
Malation	5.251X	9.725X	10.935
Carbarilo	390.490X	104.920X	128.427X
Deltametrina	20.050X	5.200X	11.847X

## CONCLUSIONES

Los adultos de *P. truncatus* mostraron ser más susceptibles a deltametrina y malation.

El BP al mezclarse con malation, deltametrina y carbarilo mostró efectos sinergistas de 5.3X, 20.1X y 390.5X respectivamente.

El DEM al mezclarse con deltametrina, malation y carbarilo mostró efectos sinergistas de 5.2X, 9.7X y 104.9X respectivamente.

La respuesta de *P. truncatus* a insecticidas esta influenciada por la presencia de los sistemas enzimáticos de FOM y GST.

El AF al mezclarse con malation, deltametrina y carbarilo mostró tener un efecto probable de quasisinergista en adultos de *P. truncatus* de 10.9X, 11.8X y 128.4X respectivamente.

El mayor efecto sinergista se obtuvo en la mezcla de carbarilo + BP; sin embargo, el mayor efecto insecticida fue registrado en la mezcla de deltametrina + BP, seguida por la mezcla de deltametrina + AF

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S: 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18; 265-267.
- Aguilera, P. M. 1988. Entomofauna del maíz almacenado en bodegas rurales del estado de Guanajuato. Resumen del XXIII Congreso Nacional de Entomología. Morelia, Michoacán. Soc. Mex. de Entomol. p 333.
- Arthur, F., J. L. Zettler and W.R. Holliday. 1988. Insecticide resistance among population of almond moth and indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) in stored peanuts. J. Econ. Entomol. 81(5): 1283-1287.
- Barrera. 1976. Pesticidas agrícolas. Tercera edición. Editorial OMEGA. Barcelona, España. pp 43-45.
- Bell, R. J. y Watters, F. L. 1982. Environmental factor influencing the development and rate of increase of *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) on stored maize. J. Stored Prod. Res. 18: 131-142.
- Bennett, G. W., Owens, J. M. y Corrigan, R. M. 1996. Guía científica de truman para operaciones de control de plagas. Cuarta edición. Editorial Purdue University. West Lafayette, Indiana. pp 510.
- Bernuand, C. B. and Philogene, B. J. R. 1993. Insecticide synergists: role, importance, and perspectives. Journal of Toxicology and Environmental Health 38: 199-223.
- Boeye, J. 1990. Autecological studies on the behavior of the larger grain borer *Prostephanus badanus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) in Costa Rica. 55-57 p. In: Markham, h. r. and Herrer, R.M. (eds). Biological control of the larger grain borer. Proceeding of Benin. 1989. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria. pp 171.

- Bonnemaison. 1975. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales (Tomo 1). Primera edición. Editorial Villassar de Mar. Barcelona, España. pp 213-214.
- Borror, D. J., Triplehorn and N. F. Johnson. 1983. Introduction to the study of insect. Sixth edition. Saunders College Publishing, New York, USA. pp 827.
- Brown, A. W. A. 1960. Mechanisms of resistance against insecticides Ann. Rev. Entomol. 5:301-326.
- Casida, J. E. 1970. Mixed function oxidases involvement in the biochemistry of insecticide synergists. J. Agr. Food Chem. USA. 18(5): 753-772.
- Casida, 1970; Raffa y Priester, 1985. Mecanismos de resistencia. (<http://www.cas.muohio.edu/~wilsonkg/groups/grp6/mechanism.html>).
- Champ, B. R. y C. E. Dyte. 1976. Informe de la prospección mundial de la FAO sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma. Italia. pp 336.
- Costa, J. J., A. E. Margheritis y O. J. Marisco. 1974. Introduction a la terapéutica vegetal. Editorial Hemiferios. Buenos Aires, Argentina. pp 533.
- Cowley, R. J., Howard, D. C. and Smith, R. H. 1980. The effect of grain stability on damage caused by *Prostephanus truncatus* (Horn) and three other beetle pest of stored maize. J. Stored Prod. Res. 16: 75-78.
- Golob, P. 1988. Current status of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) in Africa. In: on farm and post-harvest losses of cereal crops in Africa due to the pests and diseases. Proceedings of the ICIP/ECA Regional Study Workshop, Naerobi, Kenya. pp 10-17.
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST). 1998. Catálogo oficial de plaguicidas, SARH. México, D.F. pp 357.
- Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria (CNSA). 2000. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. SAGAR. México, D. F. pp 423-433.
- Cremlyn, R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Edición Limusa. México, D.F. pp 355.
- Dauterman, W. C. 1983. Role of hydrolases and glutathione s-transferases, 229-247 p. In Georghiou, G.P. and T. Saito (eds), Pest resistance to pesticides. Plenum, New York, EUA.

- Dauterman, W. C. and N. Motoyama. 1974. The role of nonoxidative metabolism in organophosphorus resistance. *J. Agr. Food. Chem.* 22(3): 350-356.
- Davison, R. H. and Lyon, W. F. 1992. Plagas de insectos agrícolas y de jardín. Primera edición. Editorial Limusa. México, D.F. pp 126-127.
- De Liñán, V. C. 1997. Farmacología vegetal. Primera edición. Editorial Agrotécnicos. Madrid, España. pp 1194.
- Dell'orto, T. H. y C. J. Arías V. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Serie Técnica Post-Cosecha. FAO. Santiago, Chile. pp 142.
- Dennis, S. H. 1994. Agricultural entomology. Timber Press Publications. Portland, Oregon. 32: 278-279.
- FAGRO de México. 2001. Boletín informativo de farmakin y fosfolnitro. Ramos, Arizpe. Coah., México. pp 4.
- Georghiou, G. P. 1983. Management of resistance in arthropods. In Georghiou, G. P. and T. Saito (eds). *Pest resistance to pesticides*. Plenum Press. New York, USA. 76: 131-140.
- Giles, P. H. and J. León o. 1975. Infestation problems in farm – stored maize in Nicaragua. In: Proc. 1 International Working Conference on Stored Produc. Entomology. Savannah, Ga. USA pp 67-76.
- Guedes, R. N. C., Lima, J. O. G., Santos, J. P. and Cruz, C. D. 1995. Resistance to DDT and pirethroids in brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 31, 145-154.
- Guedes, R. N. C., Kambhampati, S., Dover, B. A. and Zhu, K. Y. 1997. Biochemical mechanisms of organophosphate resistance in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) populations from the United States and Brazil. *Bulletin of Entomological Research*. 87, 581-586. (<http://pest.cabweb.org/PDF/Ver/BER876/581.pdf>).
- Gunther, F. A. y L. Jeppson. 1962. Insecticidas modernos y la producción mundial de alimentos. Tercera edición. Editorial ECSA. México. pp 293.
- Hama, H. 1983. Resistance to insecticides due reduced sensitivity of acetylcolinesterase. In Georghiou, G. P. and T. Saito (eds). *Pest resistance to pesticides*. Plenum Press. New Yorrk, USA. pp 299-331.
- Herrera, R. F. J., R. Rodríguez R. y D. P. Rees. 1989. distribución del barrenador del grano *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) y del

- depredador *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Coleoptera: Histeridae) en el estado de Yucatán. En: Primer Simposio Sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. XXIV Congreso Nacional de Entomol. Oaxtepec, Mor., México. pp 43-55.
- Hodges, R. J. 1982. A review of the biology and control of the greater grain borer *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae). Trop. Stored Prod. Inf. 43: 3-9.
- Lagunes, T. A. 1982. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp 120.
- Lagunes, T. A. y J. C. Rodríguez. 1985. Temas selectos del manejo de insecticidas dentro del control integrado. Soc. Mex. de Entomología, Colegio de Postgraduados y UACH. Chapingo, México, pp 187.
- Lagunes, T. A. y J. C. Rodríguez. 1983. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados en Ciencia Agrícola. Montecillo, México. pp 228.
- Lagunes, T. A. y Vázquez, N. M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados en Ciencia Agrícola. Montecillo, México. pp 264.
- Linablad, C. and Druben, L. 1979. Almacenamiento del grano, manejo, secado, silos, control de insectos y roedores. Primera edición. Editorial Concepto. México, D.F. pp 150.
- Makundi, R.H.1989. preliminary observations on the effects of pyrethrins on *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) Pyrethrum Post. 17(3): 95-57.
- Markham, R. H., W. G. Meikle, C. Adda, b. Djomamou, and C. Borgemeister. 1996. Progress towards integration of control strategies in West Africa. 81-100 pp. in G. Hill and G. farrell (eds). Proceedings of the East and Central Africa Storage Pest Management Workshop, Narvasha Kenya 14-15 April 1996. CAB, Wallingtord, UK.
- Matsumura, F, 1985. Toxicology of insecticides. Segunda edición Plenum, New York, EUA. pp 298
- Metcalf, R. L. 1983. Implication and prognosis of resistance to insecticides. En Georghiou, G. p. and T. Saito (eds), Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp 703-733.
- Mendoza, M. A. 1995. Determinación del efecto sinergista del ácido fúlvico en insecticidas de diferentes grupos toxicólogos sobre el picudo de la yema

- del manzano *Anametis granulatus* Say. en poblaciones de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp 54.
- Miller, T. A., L. Salgado V. And S. N. Irving. 1983. The Kdr factor in pyrethroid resistance. In: pest resistance to pesticides. G.P. Georghiou and T. Saito (eds). Plenum Press. New York, USA, pp 353-366.
- Motoyama, N., T. Hayaoka, K. Nomura and W. C. Dauterman. 1980. Multiple factors for organophosphorus resistance in the house flies (*Musca domestica* L.) j. Pestic Sci 5: 393-402.
- Muhihi, S.K. and Kibata, N. C. 1985. Developing a control progame to combat an outbreak of *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) in Kenya Trop. Sci. 25: 239-248.
- Nakatsugawa, T., M. Toman and P. A. Dahm. 1969. Degradation of paration in the rat. Biochem. Pharmacol. 18: 1103-1107.
- Narahashi, T. 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of the nervous system In: Georghiou G.P. and T. Saito (eds) Pest resistance to pesticides. Plenum Press, New York, USA. pp 333-336.
- National Academy of Sciences. 1978. Manejo y control de plagas de insectos. Vol. 3. Ed. Limusa. México. pp 125.
- Pérez, M. J. 1988. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Montecillo, México. pp 94.
- Pérez, M. J. 1991. Susceptibilidad de *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) a varios insecticidas bajo condiciones de laboratorio. En: Memoria de III Simposio sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. XXVI Congreso Nacional de Entomol. Veracruz, México. pp 141-157.
- Pérez, Z. J. R. 2000. Susceptibilidad de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) a mezclas de dos sinergistas con nueve insecticidas de diferentes grupo toxicológico. Tesis de maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp 73.
- Pree, D. J., A. B. Stevenson, and E. Barszcz. 1996. Toxicity of pyrethroid insecticides to carrot weevils: Enhancement by synergists and oils. J. Econ. Entomol. 89(5): 1254-1261.
- QUÍMICASAGAL. 2001. Nutri full.

[http://www.químicasagal.com/html/nutri\\_full.html](http://www.químicasagal.com/html/nutri_full.html).

- Quintana, R. R., Wilbur, R. A. y Young, W. R. 1960. Insectos de granos almacenados que infestan al maíz en el campo. Agricultura Técnica en México. 10; 40-43.
- Ramayo, I. F. 1983. Tecnología de granos UACH., México. pp 216.
- Ramírez, G. M. 1978. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Segunda edición. Editorial ECSA. México D. F. pp 300.
- Ramírez, M. M. 1981. Insectos y almacenamiento de granos. Naturaleza. México. 12(2): 92-102.
- Ramírez, M. M., R. Flores R y E. Moreno M. 1992. *Prostephanus truncatus* (Horn) peligro potencial en granos almacenados. Almacenes Nacionales de Depósito. México. p 7.
- Ramírez, M. M. y Gutiérrez, D .J. L. 1982. Daños por *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) al maíz cacahuazintle. Folia Entomológica Mexicana. 54: 67.
- Ramírez, M. M. and Silver, B. J. 1983. Deterioration and damage produced in corn grain in Mexico by *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae). Biodeterioration. 5: 583-591.
- Ramírez M, M., De Alba, A. A., and Ramírez, Z. R.. 1994. Discovery of the larger grain borer in a tropical deciduous forest in Mexico. J. Appl. Entomol. 118: 354-360.
- Rios, I. R. M. 1991. Ecología de *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) en el altiplano Mexicano. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 85.
- Rodríguez, M. J. C. 1983. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a grupos toxicólogos. Una base para su manejo racional. Chapingo, México. pp 174.
- Schnitzer, M. 2000. A life time perspective on the chemistry of soil organic matter. D. L. Sparks (Ed.) Advances in Agronomy. Academic Press. 98: 3-58.
- Subramanyam, B. H., Cutkomp, L. K. and Darveaux, B. A. 1985. New character for identifying larval instars of *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 21(2): 101-104.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus Chemistry. Wiley, New York. p 7.

- Thomson, W. T. 1995. Agricultural chemicals (Book 1). Thomson Publications. Fresno, Ca. EUA. pp 265.
- Von Berg, A. and Biliwa, A. 1990. Control of the larger corn borer *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) in traditional maize storage structures in Southern Togo. Trop. Pest. Management. 36(3): 270-275.
- Ware, W. G. 1994. The pesticide book. Cuarta edición. Thomson Publications. Fresno, Ca, EUA. pp 365.
- Wright, V. F. 1986. An annotated and updated bibliography of *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) a pest of stored grain food and feed grain institute Kansas State University, USA. Research Report. pp 20-24.
- Yasutomi, K. 1983. Role of detoxification esterases in insecticides resistance. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA pp 249-263.



Cuadro A.1. Respuesta de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) al butóxido de piperonilo a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0.0	15	15	0	0.000
0.1	15	15	0	0.000
10.0	15	15	0	0.000
100.0	15	12	2	13.333

Cuadro A.2. Respuesta de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) al dimetilmaleato a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0	16	16	0	0.000
1	16	16	0	0.000
3	16	15	1	6.250
100	16	15	1	6.250

Cuadro A.3. Respuesta de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) al ácido fúlvico a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0.0	19	19	0	0.000
0.3	16	16	0	0.000
1.0	16	13	3	18.750
10.0	16	16	0	0.000

Cuadro A.4. Datos de la respuesta del insecticida malation sobre adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0.00	19	19	0	0.000
0.01	19	18	1	5.263
0.03	18	14	4	22.222
0.07	17	13	4	23.529
0.10	16	12	4	25.000
0.30	16	11	5	31.250
0.70	17	8	9	52.941
1.00	16	3	13	81.250

Cuadro A.5. Datos de la respuesta del insecticida carbarilo sobre adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0.00	17	17	0	0.000
0.01	21	21	0	0.000
0.10	16	14	2	12.500
1.00	20	17	3	15.000
10.00	27	16	11	40.741
100.00	19	11	8	42.105
1,000.00	18	5	13	72.222

Cuadro A.6. Datos de la respuesta del insecticida deltametrina sobre adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) a las 24 horas. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
0.00	16	16	0	0.000
0.01	21	20	1	4.762
0.03	17	15	2	11.765
0.07	16	11	5	31.250
0.10	19	9	10	52.632
0.30	18	4	14	77.777
0.70	18	0	18	100.000
1.00	16	0	16	100.000

Cuadro A.7. Datos de la respuesta de la mezcla de malation + BP (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	16	16	0	0.000
0.001	17	16	1	5.882
0.003	15	13	2	13.333
0.010	18	17	5	27.777
0.030	16	10	6	37.500
0.100	15	7	8	53.333
0.300	17	5	12	70.588
1.000	15	4	11	73.333
3.000	17	1	16	94.118
10.000	16	0	16	100.000

Cuadro A.8. Datos de la respuesta de la mezcla de malation + DEM (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	19	19	0	0.000
0.001	16	15	1	6.250
0.003	15	14	1	6.667
0.010	16	13	3	18.750
0.030	17	7	10	58.824
0.100	15	5	10	66.667
0.300	18	4	14	77.778
1.000	15	1	14	93.333
3.000	17	0	17	100.000
10.000	15	0	15	100.000

Cuadro A.9. Datos de la respuesta de la mezcla de malation + AF (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.001	15	14	1	6.667
0.003	15	12	3	20.000
0.010	19	13	6	31.579
0.030	16	9	7	43.750
0.100	15	5	10	66.667
0.300	15	2	13	86.667
1.000	15	0	15	100.000
3.000	16	0	16	100.000
10.000	15	0	15	100.000

Cuadro A.10. Datos de la respuesta de la mezcla de carbarilo + BPO (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD*
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	16	15	1	0.000
0.01	15	12	3	14.670
0.03	16	10	6	33.333
0.10	15	7	8	50.219
0.30	15	6	9	57.333
1.00	15	5	10	64.448
3.00	15	5	10	64.448
10.00	15	2	13	85.781
100.00	15	0	15	100.000

\* Mortalidad corregida por fórmula de Abbott.

Cuadro A.11. Datos de la respuesta de la mezcla de carbarilo + DEM (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.01	15	13	2	13.333
0.03	15	12	3	20.000
0.10	15	9	6	40.000
0.30	15	8	7	46.667
1.00	16	8	8	50.000
3.00	16	7	9	56.250

Cuadro A.12. Datos de la respuesta de la mezcla de carbarilo + AF (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.01	15	14	1	6.667
0.03	15	13	2	13.333
0.10	16	12	4	25.000
0.30	16	10	6	37.500
1.00	15	7	8	53.333
3.00	15	5	10	66.667
10.00	15	2	13	86.667
100.00	15	0	15	100.000

Cuadro A.13. Datos de la respuesta de la mezcla de deltametrina + BPO (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.001	15	13	2	13.333
0.003	15	9	6	40.000
0.010	15	5	10	66.667
0.030	15	3	12	80.000
0.100	15	0	15	100.000
0.300	16	0	16	100.000
1.000	16	0	16	100.000

Cuadro A.14. Datos de la respuesta de la mezcla de deltametrina + DEM (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 20001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.001	15	13	2	13.333
0.003	17	13	4	23.529
0.010	15	10	5	33.333
0.030	15	7	8	53.333
0.100	15	4	11	73.333
0.300	16	2	14	87.500
1.000	15	0	15	100.000

Cuadro A.15. Datos de la respuesta de la mezcla de deltametrina + AF (relación 1:5) sobre adultos de *Prostephanus truncatus* Horn. 2001

CONCENTRACIÓN (ppm)	INDIVIDUOS			MORTALIDAD %
	OBSERVADOS	VIVOS	MUERTOS	
Testigo	15	15	0	0.000
0.001	15	12	3	20.000
0.003	15	10	5	33.333
0.010	16	9	7	43.750
0.030	15	5	10	66.667
0.100	16	2	14	87.500
0.300	17	0	17	100.000
1.000	15	0	15	100.000