BAC
MODULO DIGITAL

Corpoica
El documento fuente se encuentra en
La Biblioteca Agropecuaria de Colombia

ELEMENTOS BIBLIOGRAFICOS

AUTOR (ES): Castañeda, G.; Miranda, D.
AUTOR (ES) CORPORATIVO (S): Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia). Facultad de Agronomía.
TITULO: Evaluación de la resistencia de Heliothis virescens Fabricius a metil parathion y fenovarelato: Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) y Spodoptera Sunia (Guenée) a Metil parathion y Toxafeno en la zona algodonera de El Espinal (Tolima)
LUGAR DE PUBLICACION: Bogotá (Colombia)
AÑO DE PUBLICACION: 1982
PAGINAS: 117 p.

INTRODUCCION

En Colombia, el fenómeno de la resistencia de las plagas a los insecticidas, ha tomado gran importancia y ha sido objeto de un amplio debate por lo menos en el cultivo del algodonero, por ser éste el cultivo en el cual, el uso de los insecticidas ha sido mayor y su empleo ha sido más irracional y porque la incidencia de las plagas continua siendo uno de los factores más limitantes de la producción.

Se pretende en este estudio dar una respuesta a las inquietudes planteadas por varias entidades y personas encargadas del control de plagas quienes han solicitado este tipo de investigación básica, para hacer un uso más racional de los recursos disponibles al establecer programas de manejo de plagas.

Si bien es cierto que sobre el complejo Heliothis (Lepidoptera ; Noctuidae), en Colombia se han realizado algunos trabajos sobre resistencia, no se ha profundizado mucho en ellos, ni han tenido la frecuencia necesaria para proporcionar información actualizada y más acorde con los alcan-

ces del problema. Para H. virescens Fabricius, se pretende establecer curvas básicas de Dosis Mortalidad, a compuestos que como los piretroides se han introducido como alternativos ante los fracazos de control con otros compuestos tales como organoclorinados y organofosforados.

En las últimas cosechas el complejo Spodoptera (Lepidoptera: Noctuidae) ha logrado situarse en los primero lugares de importancia por tanto se hace necesario iniciar investigaciones básicas sobre esta plaga. Es así como recientemente se realizó un trabajo en el que se determinan niveles de daño, aquí estableceremos las curvas básicas de Dosis de Mortalidad a los insecticidas comunmente usados para su control y las cuales servirán para determinar la resistencia de estas plagas a dichos compuestos.

Una vez establecidos estos parámetros de resistencia y sus variaciones, se podrá hacer un uso más racional de los insecticidas y si bien es cierto que los valores de DL_{50} no son el único factor a considerar en un programa de control, se cree que si proporciona valiosa información en el momento de tomar decisiones a este respecto.

1. REVISION DE LITERATURA

1.1. Resistencia

La resistencia que los insectos y otras plagas desarrollan contra los plaguicidas, es un problema biológico que se ha incrementado en los últimos años, a causa de la continua y excesiva presión ejercida sobre dichos organismos.

Entendida la resistencia como una peculiaridad de una población de insectos, que le permite tolerar dosis cada vez más altas de sustancias tóxicas, que resultarían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie, ésto después de un tratamiento continuado con insecticidas (Pal y Brown, 1973).

Para, Costa et al (1974), la resistencia a los plaguicidas significa la pérdida paulatina de la eficiencia inicial - de las sustancias tóxicas, hasta llegar finalmente a una casi inocuidad frente a la especie a controlar, o inversamente, una especie biológica, primitivamente susceptible, va adquiriendo una resistencia gradual a los tóxicos en el curso de nuevas generaciones. Este tipo de resistencia o tole-

rancia adquirida, difiere sustancialmente de aquella que presenta un organismo, desde el principio con respecto a un producto determinado, entendida esta última como una diferencia de reacción frente a los tóxicos, que es privativa de cada especie y se considera como una constante natural.

El desarrollo de la resistencia depende de interacciones complejas entre las características biológicas de la población tratada, la naturaleza del pesticida usado y la secuencia con que estos productos son usados para la represión de un complejo de plagas(Sawicki, 1976). El fenómeno tiene mayor importancia en aquellas especies que presentan un - elevado número de generaciones anuales y un alto potencial biótico (Costa et al, 1974).

La resistencia se origina por selección apartir de supervivientes, y como los factores que la confieren son controlados geneticamente, la descendencia de progenitores resistentes tiende a ser más resistente (Winteringhan,1962), por tanto, no se perderá con el transcurso de las generaciones, aunque se interrumpa el tratamiento con un determinado plaguicida (Whitten y Bull, 1970). Sin embargo, Costa et al (1974), manifiesta, que la resistencia de una raza determinada (debemos hablar de razas y no de especies) puede anularse, cambiando el principio activo inicial por otro quí-

micamente distinto, lo que en la práctica se conoce como aplicaciones rotativas.

En 1978, Alvarez precisa el año de introducción en Colombia de los diferentes compuestos y la secuencia con que estos han sido usados a partir de 1950, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Año de introducción y secuencia de uso de compuestos insecticidas en Colombia.

Año	Compuesto insecticida
1950	Organoclorinacos (DDT) y Arsenicales;
1960	Carbamatos, Organoclorinados y Arsenicales;
1964	Organofosforados, Carbamatos, Organoclorinados y Arsenicales;
1974	Biológicos, Oroanofosforados, Carbamatos, Organoclorinados y Arsenicales;
1977	Piretroides, Biológicos, Ofganofosforados, Carbamatos, Organoclorinados y Arsenicales;.

El Metil Parathion ha sido el organofosforado de más amplio uso en el país; en forma ininterrumpida e indiscriminada, se viene formulando a partir de su introducción en 1966, con lo cual se ha ocasionado problemas de tolerancia por

parte de las plagas,en algunas zonas del país (Cardona et al, 1976).

Para, Hewlett y Winteringhan (1964), el problema de la resistencia se agrava, cuando el desarrollo de esta frente a un plaguicida, genera algún grado de resistencia cruzada, con respecto a plaguicidas afines a los que no ha estado expuesta la plaga, y,Sawicki (1976), afirma, que los altos niveles de tolerancia cruzada pueden ser generados según la secuencia con que se manejen los insecticidas para el control de una plaga.

La resistencia de las plagas a los insecticidas, se ha venido detectando y midiendo desde hace mucho tiempo, por diversos métodos; la FAO (1965), recomendó algunos, sin embargo actualmente el más utilizado es el de Comparación de los Valores de las DL_{50} de la cepa supuestamente resistente, con una escala de resistencia previamente establecida.

A pesar de haber hecho avances considerables en la investigación sobre la resistencia, aún no se ha logrado aclarar en forma exacta los mecanismos de este fenómeno; muchos de los trabajos se han restringido a unas pocas especies de artrópodos y es pequeño el conocimiento a cerca de los mecanismos de resistencia en la mayoría de las plagas agrícolas (Comins,1977).

Costa et al (1974) clasifica los mecanismos de resistencia en dos grupos: físicos y de desintoxicación enzimática. - Los primeros se refieren al variable espesor y permeabilidad, que puede presentar la cutícula tarsal que impide, en diversos grados, la penetración de los tóxicos. Si bien no son resistencias propiamente dichas, estos mecanismos coadyuvan para evitar la penetración del tóxico dentro del organismo, acrecentando indirectamente la resistencia. Respecto a la desintoxicación enzimática, se cree con bastante probabilidad que el incremento de este factor es la causa más común de resistencia. Se sabe que enzimas como, monoxigenasas, hidrolasas, transferasas, carboxiesterasas, microsoma-oxidasas y dehidroclorasas, se encuentran presentes en el organismo de los insectos desempeñando un papel importante en los mecanismos de resistencia, al intervenir en los procesos metabólicos y detoxificando en forma eficiente los insecticidas químicos.

1.2. Dosis Letal Media (DL_{50})

La Dosis Letal Media (DL_{50}), se define como la estimación estadística de la dosis mínima necesaria para matar el 50% de una población de animales en condiciones controladas, que comprenden la determinación de la especie, su sexo y edad; en animales superiores se expresa en miligramos de tóxico por kilogramos de peso vivo (mg/Kg); en insectos se puede expresar en microgramos (μg) o en miligramos (mg)

por gramo (g) de peso vivo. (Costa et al, 1974). El tóxico puede ser aplicado por via oral, dérmica, mucosas y parenteral.

Para la obtención de los valores de DL_{50} en lepidópteros, el método que más se usa, es el de la Dosificación en Serie, recomendado por la FAO en 1967, que implica una dosificación exacta del tóxico y nos proporciona una respuesta cuantitativa.

La Aplicación Tópica, constituye la técnica más adecuada para suministrar el tóxico a los individuos a ensayar.

En 1981, Plapp manifiesta, que los valores observados para la generación F_2, son generalmente más bajos que los de la generación F_1, pero que estos pequeños cambios no son de orden genético, sino que muy seguramente obedecen a las condiciones de cría masiva experimentadas en el laboratorio.

1.3. Heliothis virescens Fabricius

El Heliothis virescens (F), fue reconocido como plaga del algodonero en el año de 1934, y Folsom, 1937, citado por Brazzel (1963), lo reportó como la plaga más importante en los Estados Unidos, soore cultivos de algodón hacia 1936.

En Colombia, el Heliothis virescens (F) se reportó por pri-

mera vez junto con otras plagas en la década del 40, posteriormente, en 1954, se presentó junto con el picudo del algodonero Antonomus grandis Boheman, pero sin importancia económica (Foro Tecnológico Algodonero, 1978).

En 1978, Federalgodón realiza la descripción y ciclo de vida del Heliothis virescens (F) que se muestra a continuación :

1. Huevos; redondeados, levantados, radiados, color blanco cremoso, tornando a habano claro al madurar; individuales en terminales, estructuras florales y haz de hojas tiernas; eclosionan de 2 a 5 días, con promedio de 3 días;
2. Larvas; Al nacer miden de 1 a 1.5 mm.; color café claro con cabeza oscura; aunque generalmente son de color verde, se encuentran tonos amarillo, café, rosado y negro; al madurar, presentan una línea blanca longitudinal en el dorso y líneas supraespiraculares oscuras en zig-zag; cada segmento abdominal presenta cuatro tubérculos setígeros en forma de trapecio; alcanza de 40 a 50 mm. de longitud, tiene tres pares de patas toráxicas, cuatro pares abdominales (seudopatas) y un par terminal o telson; duran de 14 a 21 días, con promedio de 18 días;
3. Pupas; café oscuro brillante, miden de 15 a 18 mm. de longitud, típicamente obtectas, duran entre 10 y 18 días;
4. Adultos; es en este estado en el cual se pueden distinguir facilmente las dos especies de Heliothis más importan-

tes del país. El adulto del Heliothis virescens (F), especie predominante en el algodonero en Colombia, tiene alas anteriores de color amarillo pajizo o verdoso, con tres - lineas transversales verde oscuro que dividen el ala en tres regiones diferentes. Las alas posteriores son blancas.

El ciclo de vida del Heliothis virescens (F) en Colombia, tienen una duración aproximada de 35 a 42 días, pudiendose presentar entre dos y tres generaciones durante el período vegetativo del algodonero (García, 1978).

Cuando el Heliothis virescens (F) se presenta después de los 60 días de cultivo, las hembras ovipositan en los terminales de la planta; al eclosionar las larvas, estas bajan en busca de botones florales y cápsulas. Una larva de Heliothis es capaz de dañar entre 6 y 6.26 estructuras florales y esta sola plaga puede reducir los rendimientos en un 60% (García, 1971).

En Colombia, a partir de 1962, las poblaciones de Heliothis virescens (F) registran notables incrementos, convirtiéndose en la plaga que ocasiona las mayores pérdidas en el cultivo del algodonero (Raigosa, 1968); su control a base de insecticidas organoclorinados empieza a ser deficiente, se hace necesario aumentar las dosis y el número de aplicaciones, con lo que se elevan considerablemente los costos de producción (Alcaraz, 1962).

Brazzel (1963) en un estudio sobre la zona algodonera de Texas, revela que el Heliothis virescens (F) ha generado altos niveles de resistencia al DDT, producto usado en forma intensiva durante los últimos 15 años.

En Texas, en 1965 se detectó la resistencia a Endrín, la que fue alcanzada en forma rápida en las razas resistentes al DDT, debido posiblemente a resistencia cruzada entre estos dos productos o entre el Endrín y el Toxafeno-DDT. Además se observó que una vez desarrollada la resistencia al DDT, en forma más o menos rápida se desarrollaba la resistencia al Carbamato Carbaril, lo que suponía resistencia cruzada entre estos dos grupos (Adkisson, 1968).

Lozano y Daza (1967) realizan en el país el primer trabajo sobre resistencia del Heliothis virescens (F) al DDT en la zona algodonera del Tolima Sur, el cual revela que en esta zona la especie ha alcanzado altos niveles de tolerancia a dicho compuesto.

A partir de 1966, como consecuencia de los bajos controles obtenidos con los compuestos organoclorinados, el Metil Parathion se convierte en el plaguicida más efectivo y más económico para controlar el Heliothis virescens (F); los resultados espectaculares logrados con este organofosforado, hicieron olvidar el control integrado iniciado en 1963 (Alvarez, 1978).

En 1973, Wolfenbarger et al determinaron valores de DL_{50} de Metil Parathion y Endrín para poblaciones de Heliothis virescens (F) provenientes de varias zonas algodoneras de América. Con Metil Parathion, se obtuvo para la zona del El Espinal (Tolima), un valor de DL_{50} de 0.014 mg/g de peso larval, catalogando a la plaga como susceptible según la escala de resistencia que se presenta a continuación.

Wolfenbarger y Mc Garr (1970), establecen la siguiente escala de resistencia del Heliothis virescens (F) a Metil Parathion :

Rango de la DL_{50} en mg/g	Grado de resistencia
Menor de .06	Susceptible
de .061 a .10	Baja
de .110 a .50	Media
Mayor de .51	Alta

Evaluaciones de la resistencia de Heliothis virescens (F) a Metil Parathion en la zona algodonera del Espinal (Tolima), fueron realizados por Cardona et al (1976,1977) obteniendo valores de DL_{50} de 0.0811 mg/g. para el primer año, o sea, que la plaga presentaba resistencia baja; mientras que para el segundo, el valor de la DL_{50} fue de 0.2238 mg/g. que coloca la plaga en un grado medio de resistencia.

Hacia 1977-1978, comienza a usarse en Colombia los Piretroides para controlar el Heliothis virescens (F), lográn-

dose buenos resultados. Estos productos se vienen usando ampliamente en los Estados Unidos desde 1975, y Plapp (1980) reportó que en 1978 ya se habían presentado incrementos en la tolerancia.

Wolfenbarger (1982) (1), sugiere para el Fenovarelato la siguiente escala de resistencia:

Rango de la DL_{50} en mg/g	Grado de resistencia
Menor de .01	Susceptible
de .011 a .05	Baja
de .051 a .10	Media
Mayor de .11	Alta

1.4. Complejo Spodoptera

Komblas (1975), afirma que el complejo Spodoptera se constituyen como las plagas más destructivas en Egipto, Turquía, Líbano y Sudán, en donde se ha demostrado que existen no menos de 100 plantas hospederas y el insecto alcanza entre siete y ocho generaciones por año.

En Colombia, el complejo Spodoptera ha estado presente en varias zonas algodoneras desde hace muchos años, pero solamente se le reporta como plaga de alguna importancia econó-

---

(1) Comunicación personal.

mica en 1964 en la zona sur del Tolima; Daza y Alcaraz (1965), afirman que a excepción de este año, siempre se había considerado como plaga secundaria.

Todas las especies de este complejo se han caracterizado por presentar altas infestaciones en el campo, como consecuencia de su alto potencial biótico, el cual según Levy y Habeck (1976) expresado en su capacidad de oviposición es de 1664 ± 637 huevos.

Factores como el amplio rango de hospedantes, el gran potencial biótico y hábitos alimenticios, que le permiten al - Spodoptera causar daño en todos los estados de desarrollo de muchos cultivos, le han permitido a este complejo colocarse en los primeros lugares de importancia económica en la mayoría de los cultivos (Rendón et al, 1978).

En el país existen varias especies del complejo Spodóptera siendo la de mayor importancia Spodoptera frugiperda J. E. Smith, debido a que es la que presenta mayor incidencia en el cultivo del algodonero, tiene un amplio rango de adaptación (0 - 2800 msnm.) y se encuentra presente en todas las zonas agrícolas del país (Alvarez, 1980); le siguen en importancia el Spodoptera sunia Guenée y el Spodoptera ornithogalli Guenée, aunque el primero se encuentra más ampliamente distribuido.

En 1977, Cardona et al realizan la descripción y establecen los ciclos de vida para varias especies de Spodóptera: Spodóptera frugiperda J.E.Smith (descripción y ciclo de vida);

1. Huevos; se pueden observar en el campo en el envés de las hojas en grupos o masas de unos 100 huevos, protegidos por una telilla transparente; individualmente son de forma globosa, estriados radialmente, color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima la eclosión, - la cual ocurre dos a tres días después de ovipositados;
2. Larvas; recien eclosionadas miden de 1 a 1.5 mm. de - longitud; cuerpo color blanco cremoso cubierto de pequeños puntos negros pubescentes y cabeza negra, con suturas bien marcadas en forma de Y invertida; alcanzan su máximo desarrollo, 15 a 24 días después de nacidas, llegando a medidir entre 34 y 44 mm. de longitud. El cuerpo puede ser de color castaño, castaño oscuro o verde pálido, con una línea media longitudinal de color café oscuro entre dos líneas laterales en igual sentido, de color castaño;
3. Prepupa y pupa; cuando la larva está próxima a pasar a su estado de pupa, busca el suelo, dentro del cual prepara su cámara pupal, pierde movimiento, toma forma de huso, sufre una muda y se transforma en pupa; esta es de color café claro, de 14 a 17 mm. de longitud, con el extremo abdominal (cremaster) terminaoo en dos puntas en forma de V invertida; en este estado dura de 7 a 10 días;

4. Adultos; de color pardo moteado, más claro en los machos que en las hembras;los machos presentan en la mitad del ala anterior una mancha ovalada, clara, bien definida unida a una mancha oblicua en forma de V del mismo color; las hembras presentan también en las alas anteriores una mancha blanca tenue de forma ovalada y otra de forma irregular menos visible. Las alas posteriores son de color - blanco aperlado, gris hacia los bordes; tanto las alas anteriores como las posteriores en ambos sexos terminan en flecos.

Descripción y ciclo de vida del Spodoptera sunia Guenée;

1. Huevos; son similares a los se Spodoptera frugiperda por lo cual es muy difícil diferenciarlos en el campo;

2. Larvas; color café claro con una línea anaranjada dorsal y dos lineas laterales amarillas. A partir del protórax se pueden observar en cada segmento dos triángulos negros en cuyo interior hay un punto blanco;

3. Prepupa y pupa; al igual que el Spodoptera frugiperda cuando la larva completa su desarrollo al cabo de 14 a 18 días, busca el suelo en el cual construye una cámara pupal, pierde movilidad, toma la forma típica de huso, sufre una muda y finalmente se transforma en pupa. Esta es de color café claro, de 16 a 20 mms. de longitud, y cremáster terminado en forma de V invertida. En este estado puede durar entre 7 y 12 días.

4. Adultos; de color gris, con manchas longitudinales de color pardo, con flecos hacia los bordes. Las alas posteriores son de color blanco perlado terminadas en flecos.

Hasta el momento son muy escazos los trabajos que sobre la DL_{50} y resistencia del complejo Spodoptera a insecticidas se han realizado; esto según Wolfenbarger (1984) (1), a que en los países más interesados en este tipo de investigación, el complejo o no ha estado presente o no ha sido hasta el momento problema en la agricultura.

En Egipto, en 1969, Maher realiza un trabajo sobre la tolerancia del Spodoptera litoralis Boisd, a varios compuestos organoclorinados y organofosforados, habiendo obtenido altos niveles de tolerancia a todos los productos ensayados.

Wolfenbarger (1982) (2), sugiere para las especies Spodoptera frugiperda y Spodoptera sunia las siguientes escalas de resistencia a Metil Parathion y Toxafeno respectivamente:

---

(1) Comunicación personal..
(2) Comunicación personal.

Escala de resistencia a Metil Parathion.

Rango de la DL_{50} en mg/g.	Grado de resistencia
Menor de .06	Susceptible
de .061 a .10	Baja
de .110 a .50	Media
Mayor de .51	Alta

Escala de resistencia a Toxafeno:

Rango de la DL_{50} en mg/g.	Grado de resistencia
Menor de .6	Susceptible
de .61 a 1.0	Baja
de 1.11 a 5.0	Media
Mayor de 5.1	Alta.

1.5. Metabolismo y Modo de Acción de los Insecticidas.

Existen diferentes mecanismos para la eliminación de moléculas ajenas perjudiciales a los insectos. Ellos incluyen hidrólisis, sulfatación, metilación, acetilación y conjugación con glucosa, ácido glucurónico y glicina. Varios mecanismos de desintoxicación existentes en los insectos son similares a los que existen en los vertebrados, así, ambos convierten el ácido benzóico en glicina conjugada y ácido hipórico, conjugan los fenoles con ácido sulfúrico y con cisteína acetilada, los compuestos amino-aromáticos son comunmente acetilados antes de su eliminación, los compuestos liposolubles son nidrolizados y eliminados en la orina. Las vías de metabolización difieren con la composi-

ción química del tóxico y de la especie tratada (Darcy, 1965).

1.5.1. Organoclorinados

Para estudiar el metabolismo de los insecticidas organoclorinados, se ha tomado el modelo del DDT. Se ha observado que los insectos al desarrollar resistencia, generan en forma simultánea una gran cantidad de enzimas, mediante las cuales el DDT puede ser convertido a DDE, DICOFOL ó a TDE (Costa et al, 1974). Podemos entonces sintetizar el metabolismo de los organoclorinados en los siguientes procesos:(a) deshidroclorinización, en la cual el cloro es removido por el hidrógeno del carbono adyacente, (b) declorinización reducida, en la cual el hidrógeno reemplaza al cloro, y (c) reacciones oxidativas, formación de aldehidos al oxidarsen los dobles enlaces mediante la hidrólisis.

El modo de acción de los organoclorinados, no ha sido establecido, aunque el signo de envenenamiento que producen, indican que el sistema nervioso es afectado. Tienen su acción sobre el sistema nervioso periférico, causando en esencia una descarga repetida sobre las fibras nerviosas como respuesta a un simple estímulo, lo que hace suponer que no producen efecto por inhibición de alguna enzima conocida. Siendo compuestos hidrofóbicos, empiezan a asociar

se con los lípidos del cuerpo, y es posible que entren y desorienten las membranas lipoproteínicas, las cuales son responsables del ión transportador del sistema nervioso (Elliot et al, 1978).

Mutsumuro (1977), demuestra que el Toxafeno causa un incremento muy grande en la rata respiratoria, después de 45 minutos de haber sido absorbido, observándose una irregularidad en la pulsación del corazón.

1.5.2. Organofosforados

El metabolismo de los compuestos organofosforados, aunque bastante complejo, se atribuye principalmente a tres tipos de enzimas, las aliesterasas, las arylesterasas y las fosfatasas (Darcy, 1965), las cuales son responsables de su degradación mediante hidrólisis de los ésteres, produciendose metabolitos tales como: (a) ácidos dialquílicos, (b) otros compuestos dialquílicos derivados del fósforo, y (c) ácidos carboxílicos (Costa et al, 1974).

Los insecticidas organofosforados actúan directamente sobre el sistema nervioso central, deben su toxicidad a la inhibición de la enzima Acetil colinesterasa (la cual tiene un papel muy importante en el mantenimiento de la actividad nerviosa, regulando la producción de acetil colina) produciéndose una acumulación de acetilcolina, lo cual causa en el organismo un continuo desarreglo en el sistema

neuromuscular. Atacan el sitio activo de la enzima Acetil colinesterasa, formando un enlace covalente (enzima-fosfato) relativamente estable y que es dependiente del tipo de compuesto (Mutsumuro, 1977).

En insectos, los síntomas de envenenamiento por compuestos organofosforados, son los propios de un desarreglo en el sistema neuromuscular: agitación, inquietud, hiperexitabilidad, temblores y convulsiones, parálisis y finalmente la muerte (Mutsumuro, 1977).

1.5.3. Piretroides

Los mecanismos de metabolización de los piretroides por parte de los insectos no han sido dilucidados hasta el momento, sin embargo Elliot et al (1978) suponen que estos son muy similares a los observados para los organoclorinados (DDT y sus análogos), debido a que se ha detectado resistencia cruzada entre estos dos tipos de compuestos.

Los piretroides tienen un modo de acción muy distinto al de los organofosforados, lo que los hace eficaces contra insectos que han desarrollado resistencia a dichos insecticidas (Noulam, 1977).

Todos los piretroides son compuestos lipofílicos, insolubles en agua, en estos aspectos se parecen mucho a los -

insecticidas organoclorinacos, y difieren mucho de todos los organofosforados y carbamatos. Aunque su modo de acción no se ha precisado, ellos son reconocidos como venenos nerviosos que no inter-actuan con la Acetil colinesterasa como lo hacen los organofosforados y carbamatos. Su rápida acción en insectos probablemente está determinada por sus propiedades físicas alto punto de ebullición, líquidos viscosos con alta presión de vapor, por esto son muy efectivos como venenos de contacto y en menor grado - como venenos estomacales (Elliot et al, 1978).

Nowlam et al (1977) determinan cuatro efectos típicos de intoxicación de un insecto con piretroides:(a) descarga prolongada del nervio; se caracteriza por una sobre exitación nerviosa muy prolongada; aunque la actividad general de los nervios es alta (los musculos pueden contraerse en forma normal), lo cual suqiere que son los axones sensoriales los afectados, (b) contracciones mayores pero de una duración normal, está relacionado con los axones motores (no ocurre en los piretroides con la sustitución alfaciano); los nervios presentan exitaciones sucesivas, las cuales producen una potenciación en las contracciones musculares, aunque son de una duración más o menos normal, (c) contracciones fuertes y prolongadas de los músculos, está asociada con el efecto (a). Las contracciones pueden ocurrir cuando el mensaje normal del nervio ya está obs-

truido e implican que el sitio de actividad podría ser el músculo por sí mismo, (d) obstrucción general de las contracciones estimuladas por los nervios, ocurre con todos los piretroides de acción insecticida aunque el tiempo - que transcurre antes de la reacción varía mucho entre - ellos. Parece que el sitio de esta obstrucción es la membrana del músculo, de la cual la respuesta al estímulo - eléctrico había sido eliminada.

1.6. Generalidades de los insecticidas utilizados en el ensayo

1.6.1. Toxafeno

Compuesto perteneciente al grupo de los hidrocarburos clorinados. Desarrollado por la firma Norteamericana Hercules Powder Co. en 1946. No es un ciclodieno, es un terpeno clorado con un contenido del 67 al 69% de Cloro. El producto técnico, es un sólido ceroso, de composición indefinida, por ser una mezcla de varios productos activos(Revelo, 1978).

Es un insecticida cuya DL_{50} se ha calculado entre 90 y 140 mg/kg de peso, por lo cual se le clasifica en la categoría toxicológica II; tiene acción estomacal y por contacto, es fácilmente absorbido por la piel y acumulable en los tejidos lipoides(Hercules Toxicological Data, 1962).

Fórmula empírica: C_{10} H_{10} Cl_8

Denominación química: Canfeno clorado.

Peso molecular: 414

Punto de ebullición: 82°C.

Densidad: 1.66 g/cc. a 27°C.

Solubilidad: Altamente soluble en solventes orgánicos, a veces menos soluble en alcoholes, aceites minerales y vegetales e insolubles en agua.

Volatilización: Alta.

Estabilidad: estable en medios ácidos y neutros.

Compatibilidad: no es compatible con placuicidas de reacción alcalina pero sí con herbicidas propanílicos(Hercules Toxicological Data, 1962).

1.6.2. Metil Parathion.

Es un plaguicida del grupo de los fosfatos orgánicos, obtenido del Acido Tiofosfórico, con propiedades insecticidas y acaricidas en acción de contacto, ingestión e inhalación. Fue desarrollado por Schrader, de la firma Farbenfabriken Bayer AG, de Alemania, en 1952. Es un insecticida cladificado en la categoría I (altamence tóxico), en razon de que su DL_{50} es de 9 mg/Kg. Tiene capacidad de ser absor bido fácilmente por la piel. Es muy tóxico para abejas, - peces, langostinos y cangrejos. En Colombia tiene registro de venta y autorización de uso, observando las restricciones establecidas en la legislación colombiana, en la tota-

lidad de los cultivos de importancia agrícola, frutícola y ornamental. Su amplio espectro y su rapidez de acción son factores predominantes para que sea considerado como el insecticida de mayor uso (Revelo, 1978).

El Producto técnico es un sólido cristalino, pero por razones de seguridad y manejo suele ser una solución al 80% en Xileno. No es acumulable en tejidos lipoides; es altamente soluble en agua.

Fórmula empírica: $C_8 H_{10} NO_5 PS$

Denominación química: O-O dimetil O-P-nitrofenil fosforotioato.

Peso molecular: 263.1

Punto de congelación: 17°C.

Temperatura de almacenamiento: 18°C.

Volatilización: altamente volátil.

Solubilidad: completamente soluble en solventes orgánicos.

Compatibilidad: no es compatible con plaguicidas de reacción alkalina ni con herbicidas propanílicos (Shell Bulletin Technical, 1965).

1.6.3. Fenovarelato.

Plaguicida perteneciente al grupo de los Piretroides (piretrinas sintéticas). Desarrollado por la firma japonesa Sumitomo en 1973.

El producto técnico es un líquido viscoso amarillo del 95%

de pureza. El ingrediente activo es el Fenovarelato. Por su DL_{50} de 451 mg/Kg. de peso, se le clasifica en la categoría toxicológica II; muy tóxico a los insectos, toxicidad discutida en peces y medianamente tóxico a animales de sangre caliente; tiene acción por contacto y por ingestión (Nowlam, 1977).

Fórmula empírica: $C_{25}\ H_{22}\ NO_3\ Cl$.
Denominación química: Alfa-ciano-3fenoxibenzil 2-(4Cloro-fenil) - 3- metil butirato.
Peso molecular: 419.5
Temperatura de almacenamiento: entre 20 y 30°C.
Densidad: 1.26 gr/cc. a 22°C.
Estabilidad térmica: alta a 220°C.
Volatilización: relativamente no volátil a temperatura ambiente.
Solubilidad: soluble en solventes orgánicos y casi insoluble en agua.
Estabilidad: más estable en solución ácida a pH 4.0.
Compatibilidad: No compatible con plaguicidas de racción alkalina (Shell Bulletin Technical, 1978).

2. MATERIALES Y METODOS

En este capitulo se expone la manera como se realizó el ensayo para verificar las hipótesis formulacas.

Se siguió la metodología propuesta en la Segunda Conferencia sobre Metodos de Ensayo para Resistencia de Insectos de importancia en la Agricultura, reunida en College Park Maryland, del 1 al 4 de Abril de 1969.

2.1 Material inicial

Este estuvo constituido por larvas de Heliothis virescens Spodoptera frugiperda y Spodoptera sunia (Lepidoptera: Noctuidae), recolectadas sobre cultivos de algodón en Julio de 1980, se prefirió a individuos de últimos estados de desarrollo, con lo cual se pretendia disminuir los riesgos de pérdida del material por problemas de parasitismo y a su vez obtener la generación F1 de laboratorio en un menor tiempo. Se hizo necesario la recolección de un elevado número de individuos, debido a que se presentó una alta incidencia de parasitismo, principalmente de las especies Cardiochiles nigriceps Viereck (Hymenoptera : Braco-

nidae) y Meteorus laphygmae Viereck (Hymenoptera:Braconidae).

Las recolecciones de Spodóptera frugiperda (J.E.S.) en la zona de Granada (Meta), se llevaron a cabo en junio de 1981, sobre cultivos de maíz (Zea mayz L.). Para el transporte de las larvas hasta el Espinal, éstas fueron puestas en bolsas de polietileno (20 larvas por bolsa), con dieta natural, y colocadas en cajas de icopor, buscando con esta medida proteger a los individuos de los cambios de temperatura.

El material de campo (las larvas), se llevó a la sala de cría del laboratorio Jaime Mor de la Federación Nacional de Algodoneros, situado en la zona de el Espinal (Tolima) a una altura de 323 m.s.n.m., con una temperatura promedia anual de 26°C. Esta sala cuenta con termómetros, higrómetros y con aire acondicionado, aparatos que permitieron controlar las condiciones de temperatura (26± 2°C.) y humedad relativa (70 a 90%) requeridas.

2.2. Cría de laboratorio

Las larvas traidas del campo, fueron individualizadas en copas plásticas y mantenidas con dieta artificial balanceada (la composición de esta dieta se muestra en la tabla 2) hasta alcanzar el estado de pupa.

Tabla 2

Dieta artificial para larvas de Heliothis virescens (F), Spodóptera frugiperda y Spodóptera sunia (Brazzèl,1963).

Ingrediente	Cantidades
Agar	18.7 g
Harina de fríjol	80.0 g
Acemite de trigo	36.0 g
Azúcar	14.6 g
Sales de Wesson	12.0 g
Acido Ascórbico	4.8 g
Metil hidrobenzoato	1.8 g
Clorhidrato de colina	8.5 g
Acido sórbico	1.0 g
Aureomicina	170.0 mg
Formaldehido	3.0 ml
Hidróxido de Potasio	6.0 ml
Acido Acético	13.5 ml
Complejo B (grageas)	1.5
Agua+ agar	700.0 ml
Agua + reactivos	400.0 ml

Las pupas, se separaron por sexos siguiendo la metodología recomendada por Butt y Cantu (1962) y colocadas en grupos de cinco parejas, en baldes plásticos con tapa de tela sobre la cual se colocó la dieta artificial para adultos (solución de azúcar al 10%) una vez que estos empezaron a emerger, además, dicha tela sirvió para que los adultos hicieran allí las oviposiciones. Cuando se observaba un número considerable de oviposiciones, la tela era retirada y llevada a un frasco de incubación.

Al presentarse las primeras eclosiones, en el interior de los frascos de incubación fueron colocadas varias copas con la dieta artificial que serviría de alimento a las pequeñas larvas antes de ser individualizadas. Estos individuos constituyen la generación F1 de laboratorio.

A partir de los individuos no tratados en la generación F1, se obtuvo la generación F2, y de ésta a su vez la generación F3; siguiendo el mismo procedimiento de cría.

2.3. Insecticidas.

Los productos Toxafeno, Metil Parathion y Fenovarelato, fueron utilizados como materiales técnicos; éstos fueron pesados en una balanza eléctrica marca Mettler modelo T6. Para obtener la concentración madre (concentración uno), se pesaron las siguientes cantidades de insecticida: 10 g. de Toxafeno, 2.5 g. de Metil Parathion y 0.5 g. de Fenovarelato. Para la preparación de las soluciones de insecticida se utilizó como solvente la Acetona (Reactivo para Análisis) y se siguió el procedimiento que se muestra a continuación:

Concentración Madre: 50 cc. de Acetona + Material Técnico;

Concentración dos (2): 25 cc. de Concentración Madre + 25 cc. de Acetona;

Concentración tres (3): 25 cc. de la concentración dos + 25 cc. de Acetona;

Concentración cuatro (4): 25 cc. de la Concentración tres + 25 cc. de Acetona;

Concentración cinco (5): 25 cc. de la concentración cuatro (4) + 25 cc. de Acetona.

Concentración cero(0): Acetona (para el testigo).

En la tabla 3 se presentan las diferentes concentraciones de cada insecticida utilizado en el ensayo.

Tabla 3

Concentración de insecticidas

Producto Técnico	Concentraciones en µg/µl.				
	uno	dos	tres	cuatro	cinco
Toxafeno	200	100	50	25	12.5
Metil Parathion	50	25	12.5	6.25	3.125
Fenovarelato	10	5	2.5	1.25	0.625

2.4. Diseño estadístico y aleatorización

En el ensayo se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres replicaciones, pues se cuenta con una sola variable independiente, las concentraciones y, el material a tratar se asume completamente homogéneo.

De los individuos de la generación F1, con edades entre siete y nueve días, se seleccionaron aquellos que tenían una longitud aproximada de 10 a 14 mms. y presentaban un desarrollo normal, para ser llevados al pesaje. Se tomaron

las larvas cuyo peso era de 35 ±5 mg., siguiendo la Metodología Standar de Brazzel (1969). Considerando homogéneo éste material, procedimos a la aleatorización, tomando al azar 60 individuos se formaron seis subgrupos de 10 larvas cada uno. Este procedimiento se siguió para cada especie, cada generación y cada replicación.

2.5. Tratamiento de individuos

La aplicación del insecticida se hizo con un microaplicador marca Burkard, que es en esencia una jeringa eléctrica controlada por un micrómetro y que está en capacidad de aplicar de 0.1 a 1.0 microlitro (μl) de solución.

Tópicamente, a la altura del segundo segmento toráxico, en la región dorsal, la larva recibió un microlitro de solución de insecticida; siendo colocada de nuevo en su respectiva dieta.

En cada replicación se trataron 60 larvas, cada subgrupo de 10 larvas se trató con una concentración diferente. Las replicaciones se hicieron en días diferentes como lo recomienda Brazzel (1969).

2.6. Lecturas de Mortalidad

Las lecturas de mortalidad se realizaron 48 horas después de la aplicación, tomando como criterio la incapacidad de

la larva para mover alguna parte de su cuerpo al ser pinchada con la punta de una aguja.

Para la corrección del porcentaje de mortalidad se utilizó la fórmula de Abbot (1925). Los resultados se desechan cuando la mortalidad del testigo supera el 10%.

Fórmula de Abbot: $$\% MC = \frac{\% ME - \% MT}{100 - \% MT} \times 100$$

MC : Mortalidad corregida;

ME : Mortalidad del ensayo;

MT : Mortalidad del testigo.

2.7. Análisis estadístico y determinación de la DL_{50}.

Para realizar el análisis estadístico, fue necesario llevar a una forma normal los valores de las concentraciones de los insecticidas y los respectivos porcentajes de mortalidad, utilizando para ello la Metodología del Análisis Probit de Busvine (1971), que consiste fundamentalmente en: (a) transformación de las concentraciones de insecticida a logaritmos (adicionando una o más unidades para evitar valores negativos), (b) transformación de los porcentajes de mortalidad a unidades de probabilidad o probits, (c) obtención de un probit esperado, graficando los valores de el logaritmo de las concentraciones contra los porcentajes de mortalidad, (d) obtención del probit de traba-

jo ($y = y_o + KP$), donde y_o y K son valores tabulados que dependen del probit esperado y P es el porcentaje de mortalidad, (e) obtención del coeficiente de ponderación, - valor tabulado que depende del probit esperado, (f) obtención de un factor de ponderación (w), que es igual al número de larvas tratadas con cada dosis por el coeficiente de ponderación.

Con los valores x (logaritmo de la concentración + 1), y (probits de trabajo) y w (factor de ponderación), se procedió a realizar el análisis estadístico, basado en pruebas de correlación lineal simple y regresión.

Un modelo de regresión, es un modelo estadístico que posee supuestos y/o hipótesis a cerca de una relación de dependencia, entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

Modelo matemático de la regresión:

$Y_i = B_o + B_1 X_i + \epsilon_i$, i=1...n

Y_i = variable aleatoria observable

X_i = constante conocida

B_o y B_1 = constante desconocidas o parámetros del modelo

ϵ_i = variable no correlacionada con media cero (0) y varianza común σ^2.

Para cada generación se hizo un análisis de correlación - lineal y regresión, además un análisis de varianza para el ajuste de las respectivas rectas. Posteriormente mediante un análisis de varianza se comparan las ecuaciones individuales para determinar la ecuación de regresión común.

Aunque el análisis estadístico se realizó en un computador, a continuación se reseñan los métodos más utilizados para el análisis matemático:

1. Método Standar para el análisis de correlación lineal:

$$r^2 = \frac{\sum W_i (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^{n} W_i (X_i - \bar{X})^2 \sum W_i (Y_i - \bar{Y})^2}$$ (coeficiente de determinación)

$$r = \pm \sqrt{r^2}$$ (coeficiente de correlación)

$$b = \frac{\sum W XY - \bar{X} \sum WY}{\sum WX^2 - \bar{X} \sum WX}$$ (coeficiente de regresión)

$$a = \frac{\sum W Y}{\sum W} - b \frac{\sum W X}{\sum W}$$ (intercepto)

$$\hat{Y} = (\bar{Y} - b\bar{X}) + bx = a + bx$$ (ecuación de regresión)

El Modelo de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación de regresión, se muestra a continuación:

2. Modelo de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación de regresión.

F de V.	GL	SC	CM	F cal.
Regresión	1	$W_{ij}(X_{ij}-\bar{X}_{i.})(Y_{ij}-\bar{Y}_{i.})$	$\frac{SCR}{GLR}$	$\frac{CMR}{CME}$
Desvíos de la regresión (Error)	n-2	SCT- SC de la regresión	$\frac{SCE}{GLE}$	
Total	n-1	$W_{ij}(Y_{ij}-Y_{i.})$		

3. Modelo de análisis de varianza para la comparación de las ecuaciones de regresión:

F de V.	GL	SC	CM	F calc.
S_4	1	$\frac{(\hat{b}-\bar{b})^2}{\sum_i^k n_i(\bar{X}_{i.}-\bar{X}..)\bar{w}_j^{-1}+\sum_i^k\sum_v^{n_i}(X_{iv}-\bar{X}_{i.})^{-1}w_{ij}}$	$\frac{SCS_4}{GLS_4}$	$\frac{S_4}{S_1}$
S_3	k-2	$\sum_i^k n_i\bar{Y}_{i.}-(\bar{y}..+\hat{b}(\bar{X}_{i.}-\bar{X}..))^2 w_{ij}$	$\frac{SCS_3}{GLS_3}$	$\frac{S_3}{S_1}$
S_2	k-1	$\sum_i^k(b_i-\bar{b})^2\sum_v^{n_i}(X_{iv}-\bar{X}_{i.})^2 w_{ij}$	$\frac{SCS_2}{GLS_2}$	$\frac{S_2}{S_1}$
S_1	$\sum_i^k n_i-2k$	$\sum_i^k\sum_v^{n_i}Y_{iv}-(\bar{Y}_{i.}+b_i(X_{iv}-\bar{X}_{i.}))w_{ij}^2$		
S_0	$\sum_i^k n_i-2$	$\sum_i^k\sum_v^{n_i}Y_{iv}-(Y..+b(X_{iv}-\bar{X}..))w_{ij}^2$		
S	1	$\frac{\sum_i^k\sum_v^{n_i}(Y_{iv}-\bar{Y}..)(X_{iv}-\bar{X}..)w_{ij}^2}{\sum_i^k\sum_v^{n_i}(X_{iv}-\bar{X}..)^2 w_{ij}}$		
Total	n_i-1			

S_4 : Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$

S_3 : Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión.

S_2 : Entre pendientes individuales.

S_1 : Al rededor de las líneas individuales.

S_0 : Al rededor de la línea Pool.

S ': Debido a la línea pool.

k: número de líneas comparadas con pendiente b_i.

$\bar{b}$: coeficiente de regresión común.

$\hat{b}$: coeficiente de regresión predicho.

Matemáticamente la Dosis Letal Media se determinó a partir de la ecuación común de regresión. Como el valor que nos interesa calcular de la variable independiente dosis (X) correspondiente al 50% de la variable dependiente mortalidad (Y) , resulta evidente, que si hacemos Y=5,encontraremos fácilmente el valor de X; valor éste que será el Logarítmo + 1 de la Dosis Letal Media; haciendo su transformación correspondiente a unidades originales, obtendremos el valor real de la Dosis Letal Media expresada en microgramos por larva, para expresarlo en mg/g. basta con llevar los microgramos a miligramos y dividir entre el peso promedio de las larvas tomado en gramos.

Gráficamente podemos determinar la Dosis Letal Media trazando (en un plano cartesiano) la recta de regresión, luego partiendo de un Y=5 trazamos una horizontal al eje de las X; del punto de intersección de estas dos líneas bajamos una perpendicular al eje X, su corte será el Lóg.+1 de la Dosis Letal Media.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada especie, producto y zona, y su respectiva discusión. Los datos de laboratorio, sus transformaciones a unidades logarítmicas y de probabilidad, a partir de los cuales se realizó el análisis estadístico, así como las ecuaciones de regresión de cada generación, y el análisis de varianza que mide al ajuste de cada una de ellas, se presentan en el apéndice.

3.1. Determinación de la DL50 y la resistencia del Heliothis virescens (F) a Metil Parathion.

Las ecuaciones de regresión de cada generación y su respectivo análisis de varianza, se presentan en el apéndice A.

En el análisis de varianza de la tabla 4 se comparan entre sí las ecuaciones $Y = 2.51 + 1.45X$; $Y = 1.78 + 1.90X$; y $Y = 1.92 + 1.78X$ de las generaciones F1, F2, y F3 respectivamente y a éstas, con un intercepto común ($\bar{a} = 2.10$) y un coeficiente de regresión también común ($\bar{b} = 1.69$).

Tabla 4

Analísis de varianza para la comparación de las líneas de regresión. H. virescens, Metil Parathion. El Espinal.

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	.868	1,736	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su líneas de regresión	1	.001	.002	N.S.
Entre pendientes individuales	2	.550	1.1	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	.500		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

NS. no significativo al nivel del 1%.

El valor F calculado 1.1 al nivel del 1% nos está indicando que no existen diferencias significativas entre las pendientes individuales (b_i), es decir, que estas son homogéneas y que por lo tanto, se puede calcular una pendiente común ($\bar{b}$) válida para cualquiera de las tres regresiones.

Una vez calculado el $\bar{b}$ (coeficiente de regresión promedio) se procedió a verificar si existían o no diferencias significativas entre los desvíos de los $\bar{b}$ de cada regresión con respecto a una recta común con pendiente $\hat{b}$ (b predicho). El valor de F calculado 0.002 al nivel del 1% señala que no hay diferencias significativas; por lo que se intentó probar si $\hat{b}$ y $\bar{b}$ eran iguales. El F calculado 1,736 demuestra que no existen diferencias significativas y que

la ecuación de regresión común Y = 2.1 + 1.69X es adecuada para cualquiera de las tres generaciones.

El siguiente análisis permite establecer la correlación de las variables dosis y mortalidad en la ecuación de regresión común:

r = 0.964 (coeficiente de correlación)
r^2= 0.930 (coeficiente de determinación)
DS= 0.70 (desviación standar)
CV= 12.39 (coeficientes de variación)
Límites de confianza al 95%
bajo: -1.21 alto: 1.53
b = 1.69 (coeficiente de regresión)
a = 2.10 (intercepto)
Y = 2.10 + 1.69X (ecuación de regresión común)

El coeficiente de correlación (próximo a 1), pone de manifiesto una relación positiva y bastante estrecha entre la variable independiente (dosis) y la variable dependiente (mortalidad). Su valor calculado 0.964 supera ligeramente al tabulado al nivel del 1% para 13 grados de libertad - (0.6411) nos indica que en el ensayo esta relación pudo - presentarse por casualidad solamente el 1% de las veces.

El coeficiente de determinación r^2 = 0.93 revela que la variable dependiente (mortalidad) estuvo influenciada directamente por la variable independiente (dosis) en un - 93%.

El coeficiente de regresión 1.69 es el incremento que experimenta la variable mortalidad cada vez que se hace un incremento unitario en la variable dosis.

El análisis de varianza de la tabla 5 nos permite apreciar el ajuste de la ecuación de regresión común.

Tabla 5

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. H. virescens , Metil Parathion. El Espinal.

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	86.599	86.599	174.24 **
Desvíos de la regresión	13	6.472	.497	
Total	14	93.071		

** altamente significativo al 1%

La suma de cuadrados de las desviaciones de los puntos de la recta fue igual a 6.472 aproximadamente el 7% de la variación total de la mortalidad, o sea, que la variación total de la mortalidad estuvo asociada de algún modo con la variación total de la dosis solamente en un 7%

El hecho de que el valor F calculado 174.24 sea sensiblemente mayor que el F requerido al punto del 1% para 1 y 13 grados de libertad (9.07), comprueba la alta significancia observada para el coeficiente de correlación.

Matemáticamente la DL_{50} se determinó a partir de la ecuación común de regresión. Como el valor que nos interesa calcular de la variable independiente dosis(X) es el que corresponde al 50% de la variación total de la variable dependiente mortalidad (Y), resulta evidente, que si en la ecuación hacemos Y= 5 facilmente encontraremos el valor de X; valor este que será el Log. +1 de la DL_{50}.

$$Y = 2.1 + 1.69X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 2.1}{1.69}$$

$$X = 1.7159 \text{ (Log.+ 1 de la } DL_{50})$$

$$DL_{50} = 5.198 \ \mu g/\text{larva}$$

(peso promedio larval = 0.03504)

$$DL_{50} = 0.1483 \text{ mg/g.}$$

La figura 1 nos muestra la determinación gráfica de la DL_{50}; sobre el eje X se sitúan los valores de las dosis usadas en el ensayo expresadas en forma logaritmica (log. de la dosis + 1), mientras que sobre X' se sitúan los valores reales de la DL50 expresados en mcg/gr. A su vez, sobre Y' se sitúan los valores de la mortalidad expresados en unidades de probabilidad (probits) y sobre Y los porcentajes reales de mortalidad. La línea de regresión obviamente está representando la ecuación de regresión comun.

El valor de la DL_{50} 0.1483 mg/g. coloca al Heliothis vi-

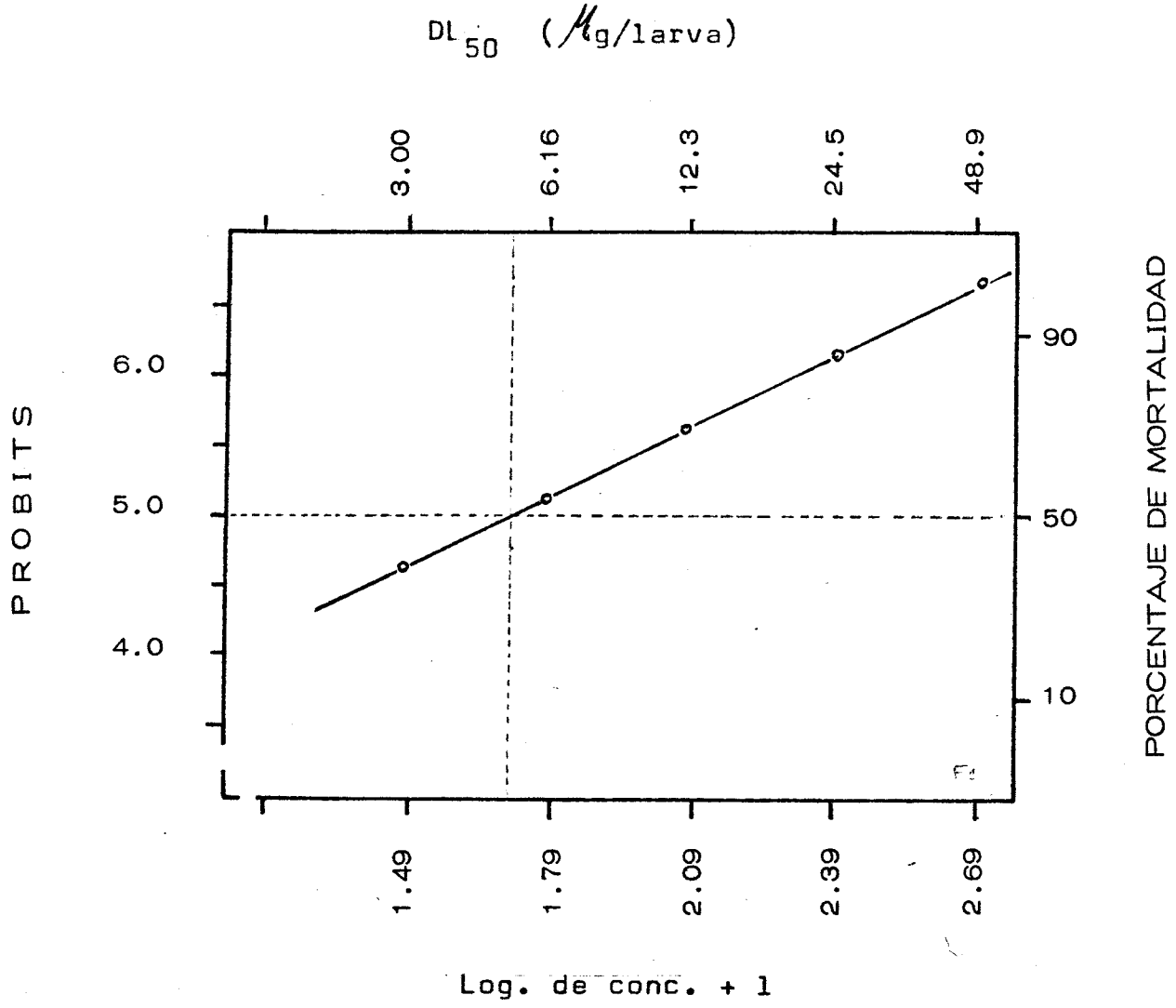

Figura 1. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Heliothis virescens. El Espinal.

rescens de El Espinal en el grado de resistencia media al Metil Parathion en la escala de Wolfenbarger y Mc Carr.

En la tabla 6 se muestran los cambios registrados a partir de 1970 en los valores de la DL_{50} y en la resistencia del Heliothis virescens , al Metil Parathion en la zona algodonera de El Espinal (Tolima).

Tabla 6

Evolución de la resistencia del Heliothis virescens F. a Metil Parathion en El Espinal (T) a partir de 1970. (1)

Año	DL_{50} en mg/g.	Incremento respecto mínima establecida	Clasificación resistencia
1970	.0140	mínima	Susceptible
1976	.0811	5.79 veces	Baja
1977	.2238	15.98 veces	Media

(1) Tomado de Cardona et al (1977).

En 1970, cuando se realiza en el país el primer trabajo para detectar y medir la resistencia del Heliothis virescens a Metil Parathion su DL50 fué de apenas 0.0140 mg/g. por lo que se califica esta plaga como susceptible, lo que en verdad era de esperarse debido a los buenos controles observados en el campo. Sin embargo a medida que el uso del Metil Parathion se fué haciendo más generalizado, empezaron a notarse deficiencias en los controles en

el campo, lo que hacía suponer que la plaga estaba adquiriendo resistencia; efectivamente para 1976, la DL_{50} de - 0.0811 mg/g. era 5.79 veces mayor que la observada en 1970; la resistencia de la plaga se clasificó como baja.

En 1977 se presentaron las más altas poblaciones de Heliothis virescens (F) registradas en el país. El consumo de insecticidas (principalmente Metil Parathion) aumentó considerablemente y su promedio de aplicaciones se elevó a 20 por cosecha, así mismo las dosis pasaron de 4.2 galones/hectárea/cosecha en el 76 a 10.4 galones/hectárea/cosecha.

Los factores descritos anteriormente (altas poblaciones de la especie y una excesiva presión de insecticidas) parece fueron decisivos en el alarmante aumento de la DL_{50} para 1977, año en el que su valor fue de 0.2238 mg/g., siendo 15.98 veces mayor que la mínima establecida. La especie se clasificó con resistencia Media; pero en un solo año, su resistencia experimentó un aumento muy superior al observado para los 5 años del período anterior.

Al momento de realizar este trabajo, en 1980, se pensó que el valor de la DL_{50} debía ser superior al de 1977, es decir, se suponía que la resistencia del H. virescens a Metil Parathion había aumentado en los últimos años. Sin embargo.

los resultados demostraban lo contrario, su valor 0.1483 mg/g. es apenas 10 veces mayor que la mínima establecida lo cual evidencia la considerable disminución de la resistencia con respecto a la medición de ésta en 1977.

Se cree que la baja experimentada por el valor de la Dosis Letal Media actual con respecto a la de 1977 obedece a la introducción de los nuevos productos para el control de las plagas, pues a medida que el uso de éstos se incrementa sustancialmente como consecuencia de su demostrada eficiencia en el campo, la demanda de los productos tradicionales (principalmente Metil) presentan una notable disminución. Esto conlleva a que por una parte la especie esté sometida a una menor presión de Metil Parathion y por otra a que un buen número de razas resistentes sean eliminadas.

3.2. Determinación de la Dosis Letal Media y resistencia de H. virescens (F) a Fenovarelato.

Los datos originales (de laboratorio), las ecuaciones de regresión con sus respectivos análisis de varianza que miden su ajuste, se presentan en el apéndice B.

En la tabla 7 se presenta el análisis para la comparación de las ecuaciones individuales, mediante el cual se pudo establecer una ecuación común de regresión . Se tomó un intercepto común ($\bar{a} = 4.25$) y un coeficiente de regresión co-

mún (b = 0.95).

Tabla 7

Análisis de varianza para la comparación de las líneas de regresión. H. virescens, Fenovarelato. El Espinal.

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	1.654	4.17	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión	1	.817	2.06	N.S.
Entre pendientes individuales	2	1.70	4.29	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	.396		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

NS. no significativo al nivel del 1%.

La prueba de F nos está demostrando que no existen diferencias significativas entre las pendientes individuales, es decir, podemos calcular una pendiente común (b) que sirve para las tres ecuaciones.

La ausencia de diferencias significativas entre los desvíos de las líneas con pendiente común ($\bar{b}$) y la común con pendiente $\hat{b}$, determina que los promedios de grupo están situados sobre ésta línea común.

Tampoco se presentaron diferencias significativas entre

la pendiente común ($\bar{b}$) de las tres regresiones y la pendiente de la línea común con pendiente $\hat{b}$, por lo tanto asumimos que sus valores son iguales y procedimos a calcular la ecuación común, que transcribimos a continuación con su respectivo análisis de correlación:

r = 0.88 (coeficiente de correlación)
r^2= 0.77 (coeficiente de determinación)
DS= 0.80 (desviación standar)
CV= 13.62 (coeficiente de variación)
Límites de confianza al 95%
bajo: -1.55 alto: 1.58
b = 0.95 (coeficiente de regresión)
a = 4.25 (intercepto)
Y = 4.25 + 0.95X (ecuación de regresión común).

El coeficiente de correlación revela que entre las variables dosis y mortalidad existe una relación estrecha y positiva; su valor supera ligeramente al requerido al nivel del 1% para 13 grados de libertad (0.6411), lo que hace suponer que esta relación pudo presentarse por casualidad solamente entre el 5 y el 1% de las veces; el coeficiente de determinación permite establecer que la mortalidad estuvo determinada por el efecto de la dosis en un 77%.

En la ecuación de regresión común Y = 4.25 + 0.95X, el coeficiente de regresión 0.95 es igual al incremento que experimenta la variable dependiente mortalidad cada vez que la variable independiente se incrementa en una unidad.

El análisis de varianza de la tabla 8 nos permite confirmar la significancia del análisis de correlación.

Tabla 8

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. H. virescens, Fenovarelato. El Espinal.

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión.	1	29.547	29.547	45.52 **
Desvíos de la regresión	13	8.447	.649	
Total	14	37.994		

** significancia al 1%

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión 8,447 es aproximadamente el 22.23% de la variación total de la mortalidad, es decir, que solo este porcentaje de la mortalidad total estuvo de algún modo relacionada con las variaciones de la dosis.

El hecho de que el valor F calculado 45.52 sea mayor que el F requerido en el nivel del 1% para 1 y 13 grados de libertad (9.07) comprueba nuestro hallazgo previo en la prueba de correlación.

Los anteriores análisis demuestran que ciertamente nuestra ecuación de regresión común calculada, se acomoda a los datos originales y por lo tanto procedimos a determinar la Dosis Letal Media:

La determinación matemática de la Dosis Letal Media de Fenovarelato a Heliothis virescens se muestra en el apendice B-4.

El valor de DL_{50} que se obtuvó fué 0.0089 mg/gr.

En 1977, técnicos de la Federación Nacional de Algodoneros, establecieron valores de Dosis Letal Media de Fenovarelato a poblaciones susceptibles de Heliothis virescens recolectadas en la zona del Patía, sobre cultivos de algodón de lotes bastante apartados y que hasta ese momento jamás habían sido tratados con los nuevos productos piretroides. El valor de DL_{50} obtenido 0.0013 estuvo muy por debajo del valor mínimo de la escala de resistencia anotado inicialmente, y la especie se clasificó como susceptible .

Poblaciones de H. virescens cuya Dosis Letal Media de Fenvarelato fue evaluada en 1980 (en este trabajo) en la zona de El Espinal, donde se vienen aplicando productos piretroides desde hace cerca de tres años, evidencian la aparición de resistencia. La Dosis Letal Media determinada en esta ocasión, 0.0089 mg/g. si bien es cierto que es menor a la mínima establecida en la escala de resistencia, es 6.8 veces más elevada que la observada en la cepa sus-

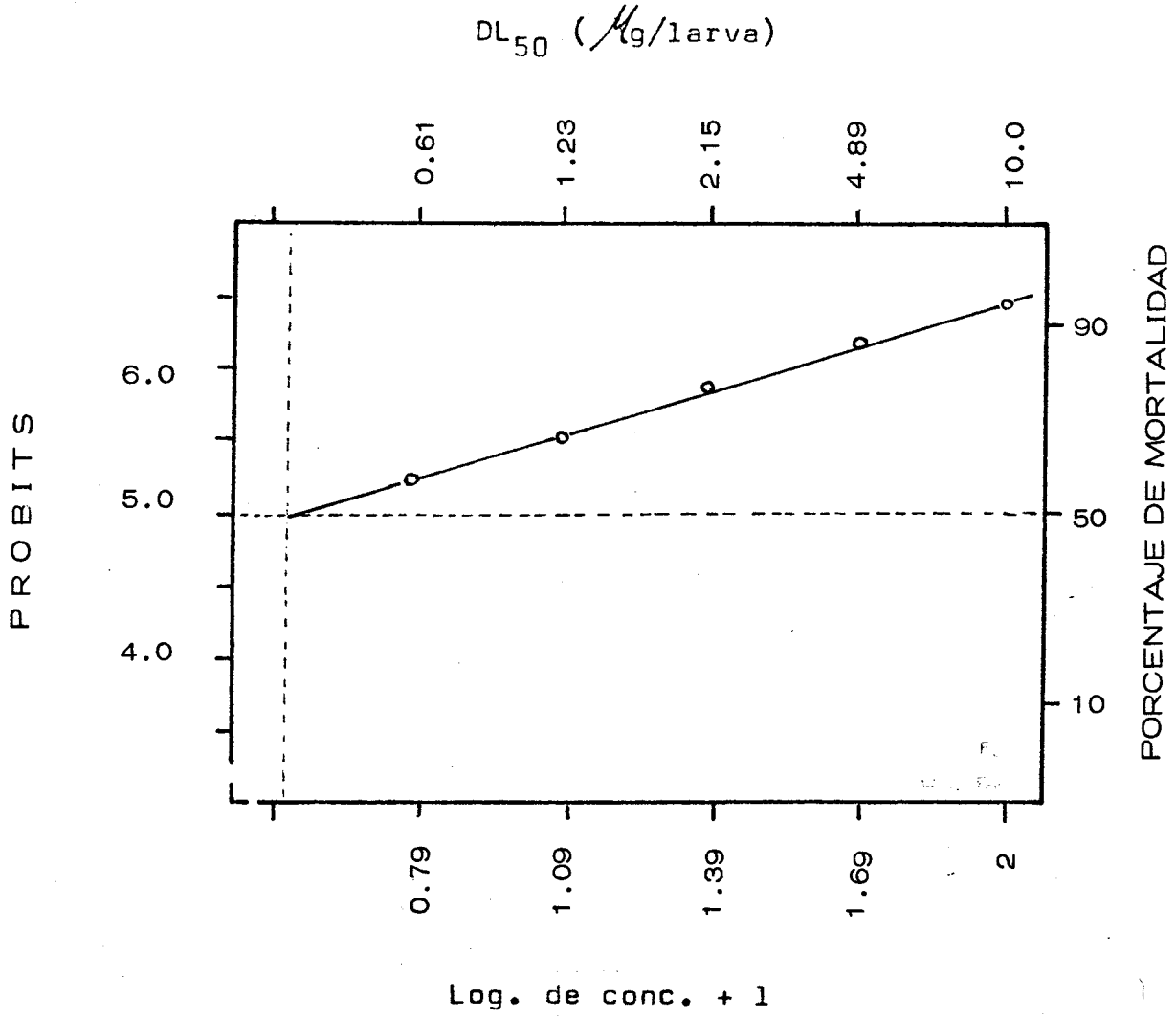

Figura 2. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Fenovarelato a Heliothis virescens. El Espinal

ceptible del Patía.

Aunque como se aprecia, las poblaciones de H. virescens del Espinal han desarrollado e incrementado su resistencia al Fenovarelato en forma más o menos rápida, es muy probable que esto no obedezca únicamente a la respuesta dada por la especie a este tipo de compuestos, sino que puede estar asociado al fenómeno de la resistencia cruzada que se ha comprobado existe entre los Piretroides y los Organoclorinados, productos estos últimos, que como es de conocimiento general, se vienen aplicando en forma amplia y desde hace bastante tiempo en esta localidad.

3.3. Determinación de la Dosis Letal Media y la resistencia de Spodoptera frugiperda a Metil Parathion.

3.3.1. Zona de El Espinal (Tolima).

En el apéndice C, se encuentran tabulados los datos originales, las ecuaciones de regresión de cada generación y sus respectivos análisis de varianza.

El análisis de varianza de la tabla 9 presenta la comparación de las ecuaciones de regresión de las tres generaciones entre sí y de éstas con un intercepto común ($\bar{a} = 2.1$) y un coeficiente de regresión común ($\bar{b} = 1.59$) calculados a partir de las mismas, con el propósito de establecer una

ecuación de regresión común.

Tabla 9

Análisis de varianza para la comparación de las líneas de regresión. S. frugiperda, Metil Parathion. El Espinal.

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	.161	.126	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión	1	.843	.663	N.S.
Entre pendientes individuales	2	1.179	.927	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	1.271		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

NS. No significativo al nivel del 1%

El análisis anterior es bien claro, para todas las pruebas el valor de F calculado es muy inferior al F requerido para 2 y 9 grados de libertad y para 1 y 9 según el caso, al nivel del 1% de significancia, situación que demuestra que no hay diferencias significativas entre los valores comparados; por consiguiente se procedió a calcular la ecuación de regresión común que se muestra a continuación con su respectivo análisis de correlación:

$r = 0.918$ (coeficiente de correlación)

r^2 = 0.840 (coeficiente de determinación)
DS = 1.06 (desviación standar)
CV = 19.4 (coeficiente de variación)
Límites de confianza al 95%
bajo: -1.38 alto: 1.75
b = 1.59 (coeficiente de regresión)
a = 2.10 (intercepto)

Y = 2.10 + 1.59X (ecuación de regresión común)

El coeficiente de correlación 0.918, describe una correlación positiva y estrecha entre las variables dosis y mortalidad, que pudo haber ocurrido por azar durante el ensayo únicamente entre el 5 y el 1% de las veces como la demuestra la prueba de significancia de correlación, donde el r requerido al nivel del 1% para 13 grados de libertad es igual a 0.6411. Cuantitativamente la variable independiente dosis determinó en forma directa a la variable dependiente mortalidad en el 84% de su valor total,como lo demuestra el coeficiente de determinación 0.84.

En la ecuación de regresión Y = 2.10 + 1.59X, el coeficiente de regresión 1.59, es el incremento que alcanza la mortalidad con cada incremento unitario de la dosis, cuando se parte de una mortalidad de 2.1.

El análisis de varianza de la tabla 10 permite observar qué tan ajustadas a los datos originales se encuentra la ecuación de regresión común.

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión es 14.801 que equivale aproximadamente al 15.6 % de la variación total de la mortalidad. Luego sólo este porcentaje de la variación total de la mortalidad estuvo de algún modo asociado con la variación total de las dosis utilizadas.

Tabla 10

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. S. frugiperda , Metil Parathion. El Espinal

F de V.	GL	SC	CM	F Calculado
Regresión	1	79.878	79.878	70.16 **
Desvíos de la regresión	13	14.801	1.138	
Total	14	94.679		

** Significancia al nivel del 1%

La alta significancia en la prueba de F sencillamente corrobora nuestro hallazgo previo (alta significancia) en la prueba de correlación.

El calculo matemático de La Dosis Letal Media, se muestra en el apendice C-4. En este caso el valor obtenido es 0.193 mg/g.

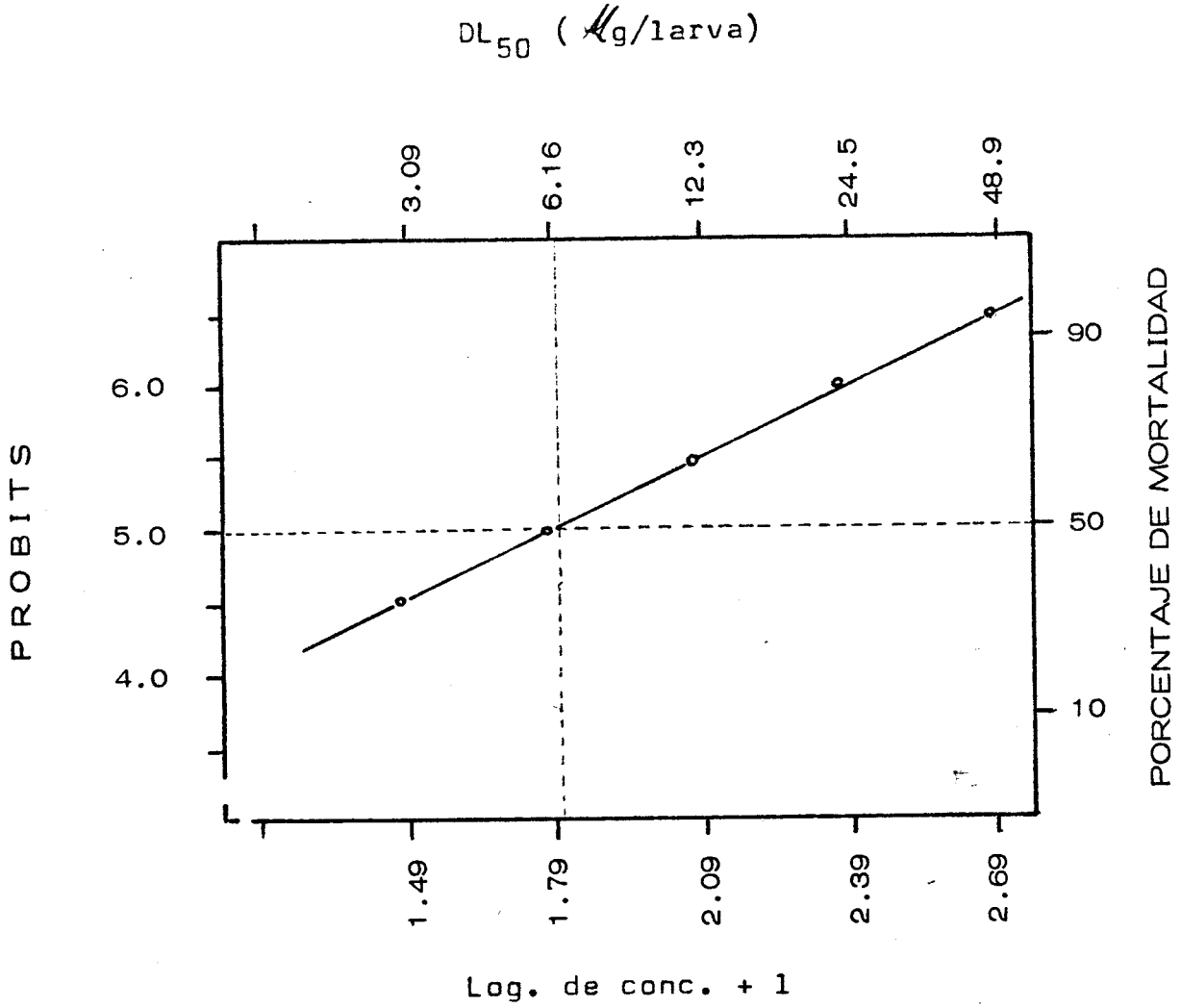

Figura 3. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Spodoptera frugiperda (J.E Smith) El Espinal (1980).

En la figura 3 podemos apreciar la determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Spodoptera frugiperda.

3.3.2. Zona de Granada (Meta)

En esta zona el ensayo se realizó en base a la generación F1; en el apéndice D se muestran los datos de laboratorio y sus transformaciones. A continuación se presentan el análisis de correlación lineal y regresión:

r = 0.996 (coeficiente de correlación)
r^2 = 0.992 (coeficiente de determinación)
DS = 0.19 (desviación standar)
CV = 3.35 (coeficiente de variación)
Límites de confianza al 95%
bajo: -1.11 alto: 1.18
b = 1.26 (coeficiente de regresión)
a = 3.11 (intercepto)
Y = 3.11 + 1.26X (ecuación de regresión)

El coeficiente de correlación (próximo a 1), pone de manifiesto una relación positiva y bastante estrecha entre las variables dosis y mortalidad. Su valor calculado 0.996 supera amplimante al valor tabulado al nivel del 1% para 13 grados de libertad (0.6411) nos está indicando que en el ensayo esta relación pudo presentarse por casualidad solamente el 1% de las veces. El coeficiente de determinación 0.992 revela que la variable dependiente mortalidad estuvo influenciada directamente por la variable independiente -

dosis en un 99.2%.

El coeficiente de regresión 1.26 es el incremento que experimenta la variable mortalidad cada vez que se hace un incremento unitario en la variable dosis.

En la tabla 11 se muestra un análisis de varianza que permite ver hasta que punto la ecuación se ajusta a los datos originales.

Tabla 11

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. S. frugiperda, Metil Parathion. Granada (Meta).

F de V.	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	18.530	18.530	497.52 ***
Desvíos de la regresión	3	.111	.037	
Total	4	18.641		

*** Altamente significativo al nivel del 0.1%.

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión 0.111 es aproximadamente el 1% del total de la mortalidad, o sea que sólo este porcentaje de la variación total de la mortalidad estuvo de algún modo asociado con la variación de las dosis.

El F calculado 497.52 supera ampliamente al valor de F re-

querido al nivel del 1% para 1 y 3 grados de libertad (34.12), esto confirma que la mortalidad dependió en su casi totalidad del efecto de la dosis, como se había demostrado previamente en el análisis de correlación.

La determinación matemática de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Spodoptera frugiperda recolectado en la zona de Granada (Meta), se muestra en el apéndice D-2. El valor obtenido en este caso fue 0.088 mg/g.

Las pobleciones estudiadas en ambas zonas han alcanzado algún nivel de tolerancia al insecticida Metil Parathion sin embargo, el valor de la Dosis Letal Media de 0.193 mg/g. de las muestras recolectadas en El Espinal, es aproximadamente 2.2 veces mayor que el observado para las poblaciones de Granada (Meta), que fue de solo 0.088 mg/g y mientras la resistencia de éstas se clasifica como baja aquellas son consideradas medianamente resistentes al producto en mención.

Es importante mencionar que el fenómeno de la resistencia reviste caracteristicas bien diferentes en cada localidad; pues si bien es cierto que la especie emerge como plaga -

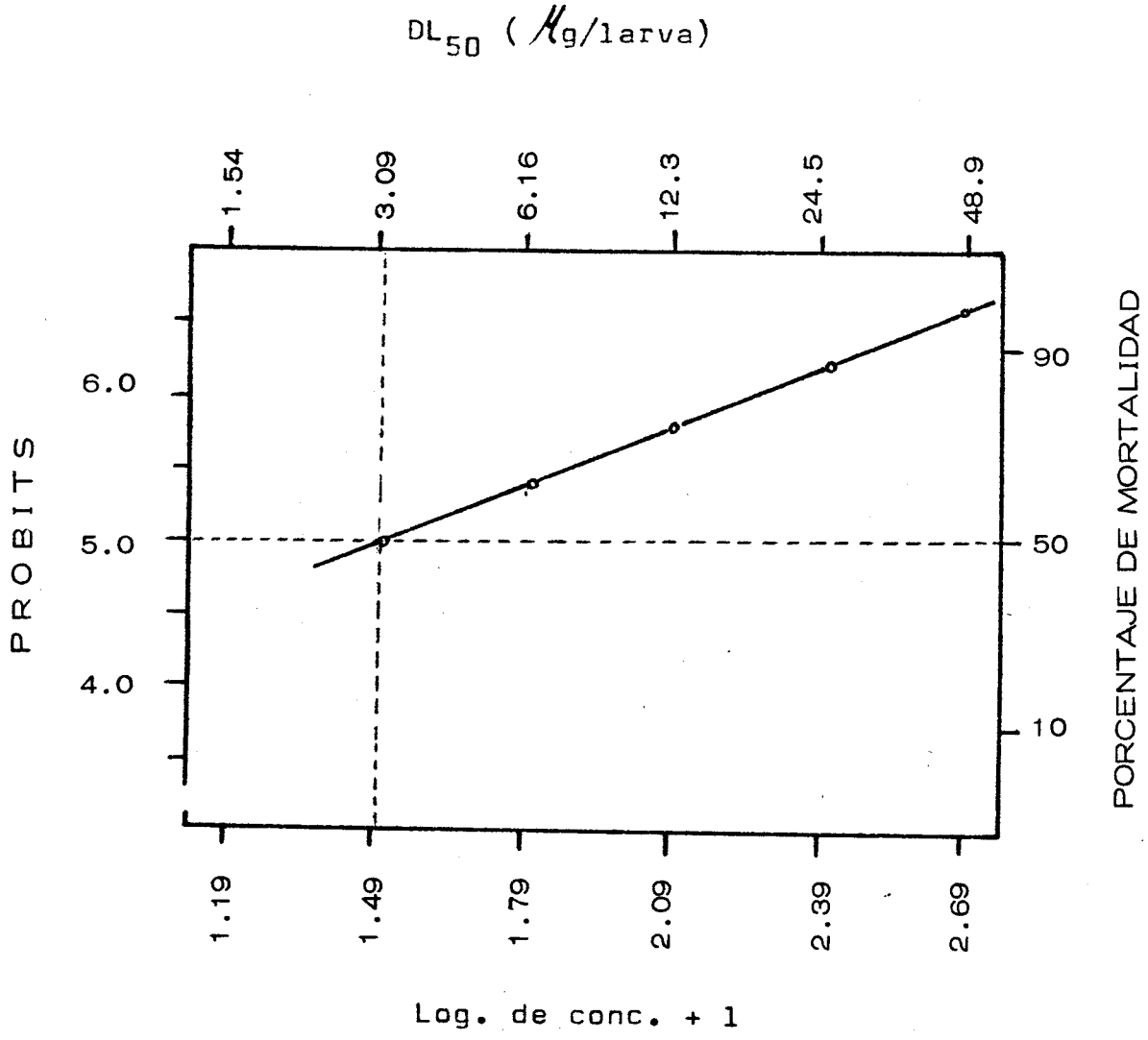

Figura 4. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Spodoptera frugiperda (J.E Smith) Granada (Meta) 1981.

de importancia económica más o menos hacia la misma época, el tratamiendo dado en cada una de ellas (para su control) antes y después de que esto ocurriera ha sido bastante diferente. En Granada, debido principalmente a las limitaciones de orden técnico, hasta hace poco tiempo, la gran mayoría de los controles se hacían en base a productos de baja toxicidad (organoclorinados y algunas mezclas de éstos con organofosforados)limitándose ostenciblemente el uso de organofosforados solos y especialmente el Metil Parathion. No obstante la implementación de la fumigación aérea ha hecho que el empleo de estos compuestos se esté incrementando considerablemente.

En la zona del Espinal, por el contrario la especie ha recibido un tratamiento similar al del H. virescens, habiendo estado expuesta durante mucho tiempo a gran presión de Metil Parathion y últimamente a los nuevos compuestos insecticidas (los Piretroides).

3.4. Determinación de la Dosis Letal Media y la resistencia de Spodoptera frugiperda a Toxafeno.

3.4.1. Zona de El Espinal (Tolima)

Las ecuaciones de regresión de las tres generaciones ensayadas y su respectivo análisis de varianza se presentan en el apéndice E.

En el análisis de varianza de la tabla 12 se comparan entre sí las ecuaciones $Y = 0.67 + 1.28X$; $Y = 1.02 + 1.20X$; $Y = 0.56 + 1.34X$ de las generaciones F1, F2, F3 respectivamente; y a éstas con el intercepto común ($\bar{a} = 0.78$) y el coeficiente de regresión también común ($\bar{b} = 1.26$).

Tabla 12

Análisis de varianza para la comparación de las líneas de regresión. S. frugiperda, Toxafeno. El Espinal.(Tolima).

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	.240	1.03	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión	1	.358	1.54	N.S.
Entre pendientes individuales	2	.055	.23	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	231		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

N.S. No significancia al nivel del 1%.

La prueba de homogeneidad de pendientes nos muestra que no existen diferencias significativas entre éstas y que puede calcularse un coeficiente de regresión común ($\bar{b}$) a las tres ecuaciones.

No se observan diferencias significativas entre los promedios de grupo de las ecuaciones (ahora con pendiente común) y la línea de regresión común ($\bar{a} + \hat{b}$) con pendiente predicho, es decir, que los promedios se consideran situados sobre esta línea.

Finalmente, al no presentarse diferencias significativas en la comparación de $\bar{b}$ y $\hat{b}$, se aceptó la ecuación de regresión común y se procedió a realizar su análisis de correlación:

r = 0.97 (coeficiente de correlación)
r^2 = 0.94 (coeficiente de determinación)
DS = 0.46 (Desviación standar)
CV = 11.08 (coeficiente de variación)
Límites de confianza al 95%:
bajo: 5.38 alto: 7.19
b = 1.26 (coeficiente de regresión)
a = 0.78 (intercepto)
Y = 0.78 + 1.26X (ecuación de regresión común)

El coeficiente de correlación revela que entre las variables dosis y mortalidad existe una relación estrecha y positiva; su valor, supera ampliamente al requerido al nivel del 1% para 13 grados de libertad (0.6411), por lo que esta relación sólo pudo presentarse por casualidad en menos del 1% de las veces. El coeficiente de determinación 0.94 manifiesta que la variable dependiente mortalidad, estuvo determinada por el efecto de la dosis en un 94%.

El coeficiente de regresión 1.26 nos está indicando que si partimos con una mortalidad de de 0.78, a cada incremento unitario en la dosis , corresponde un incremento de 1.26 en la mortalidad.

En el análisis de varianza de la tabla 13 nos permitirá - establecer qué tan ajustada a los datos originales se encuentra la ecuación común.

Tabla 13

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de - varianza. S. frugiperda, Toxafeno, El Espinal (Tolima).

F de V.	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	51.416	51.416	239.39 **
Desvíos de la regresión	13	2.792	.214	
Total	14	54.208		

** Significancia al nivel del 1%.

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión es aproximadamente el 5.2% de la suma de cuadrados del total; lo que equivaldría a decir que solamente este porcentaje del valor total de la mortalidad, estuvo asociado de algún modo con la variación de la dosis.

El valor F calculado supera al F requerido al nivel del 1%

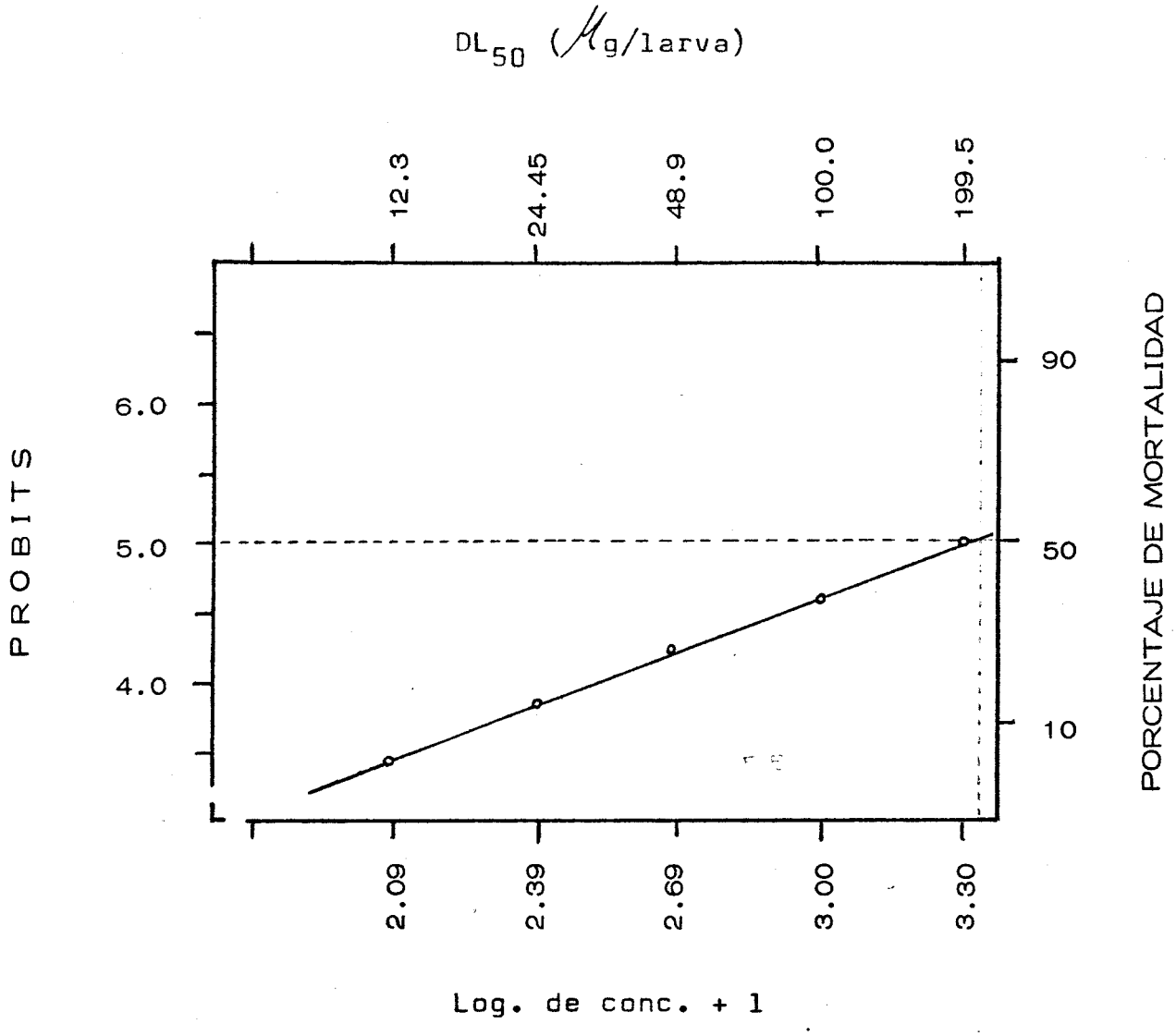

Figura 5. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Toxafeno a Spodoptera frugiperda (J.E Smith) El Espinal 1980.

para 1 y 13 grados de libertad (9.07) corroborandose así la alta relación que previamente se había observado en el análisis de correlación lineal.

El cálculo matemático de la Dosis Letal Media de Toxafeno a Spodoptera frugiperda recolectado en la zona de El Espinal (Tolima), se realizó partiendo de la ecuación común de regresión y su resultado se muestra en el apendice E-4.

El valor de la DL_{50} para este caso fue 6.44 mg/g.

3.4.2 Zona de Granada (Meta)

En esta localidad el ensayo de Toxafeno al igual que el de Metil, se hizo en base a la generación F1 de la población. Los datos originales obtenidos en el laboratorio y sus transformaciones a unidades logaritmicas y de probabilidad se muestran en el apendice F. A continuación se muestra el resultado del análisis de correlación lineal y regresión:

r = 0.975 (coeficiente de correlación)

r^2 = 0.950 (coeficiente de determinación)

DS= 0.44 (desviación Standar)

CV= 10.40 (coeficiente de variación)

Límites de confianza al 95%:
bajo: 2.52 alto: 4.24
a = 1.57 (intercepto)
b = 0.99 (coeficiente de regresión)
Y = 1.57 + 0.99X (ecuación de regresión)

El coeficiente de correlación (próximo a 1), pone de manifiesto una relación positiva y bastante estrecha entre las variables dosis y mortalidad. Su valor calculado 0.975, - altamente significativo al nivel del 1%, expresa que esta relación solo pudo presentarse por casualidad en menos del 1% de las veces durante el ensayo. La variable independiente dosis estuvo implicada directamente en la casi totalidad de la respuesta de la variable dependiente mortalidad, como lo demuestra el coeficiente de determinación 0.95.

La ecuación de regresión Y = 1.57 + 0.99X nos dice que a cada incremento unitario en la dosis, el incremento de la mortalidad cuando partimos con 1.57, será escasamente de 0.99.

Trataremos de comprobar el ajuste de la ecuación con respecto a los datos originales mediante el análisis de varianza que se presenta en la tabla 14.

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión de la tabla 14, es 0.598 aproximadamente el 5% de la variación

de la mortalidad. Luego sólo este porcentaje de la variación total de la mortalidad estuvo relacionado de alguna forma con las variaciones de las dosis.

Tabla 14

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. S. frugiperda , Toxafeno . Granada (Meta).

F de V.	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	11.794	11.794	59.2 **
Desvíos de la regresión	3	.598	.199	
Total	4	12.392		

** Significancia al nivel del 1%.

La alta significancia de la prueba de F, sencillamente nos comprueba la veracidad de la significancia hallada previamente en la prueba de correlación.

En el apendice F-2, se muestra la forma como se determinó matemáticamente el valor de la Dosis Letal Media de Toxafeno para la especie Spodoptera frugiperda , recolectado en la zona de Granada (Meta). Este valor fue 8.32 mg/g.

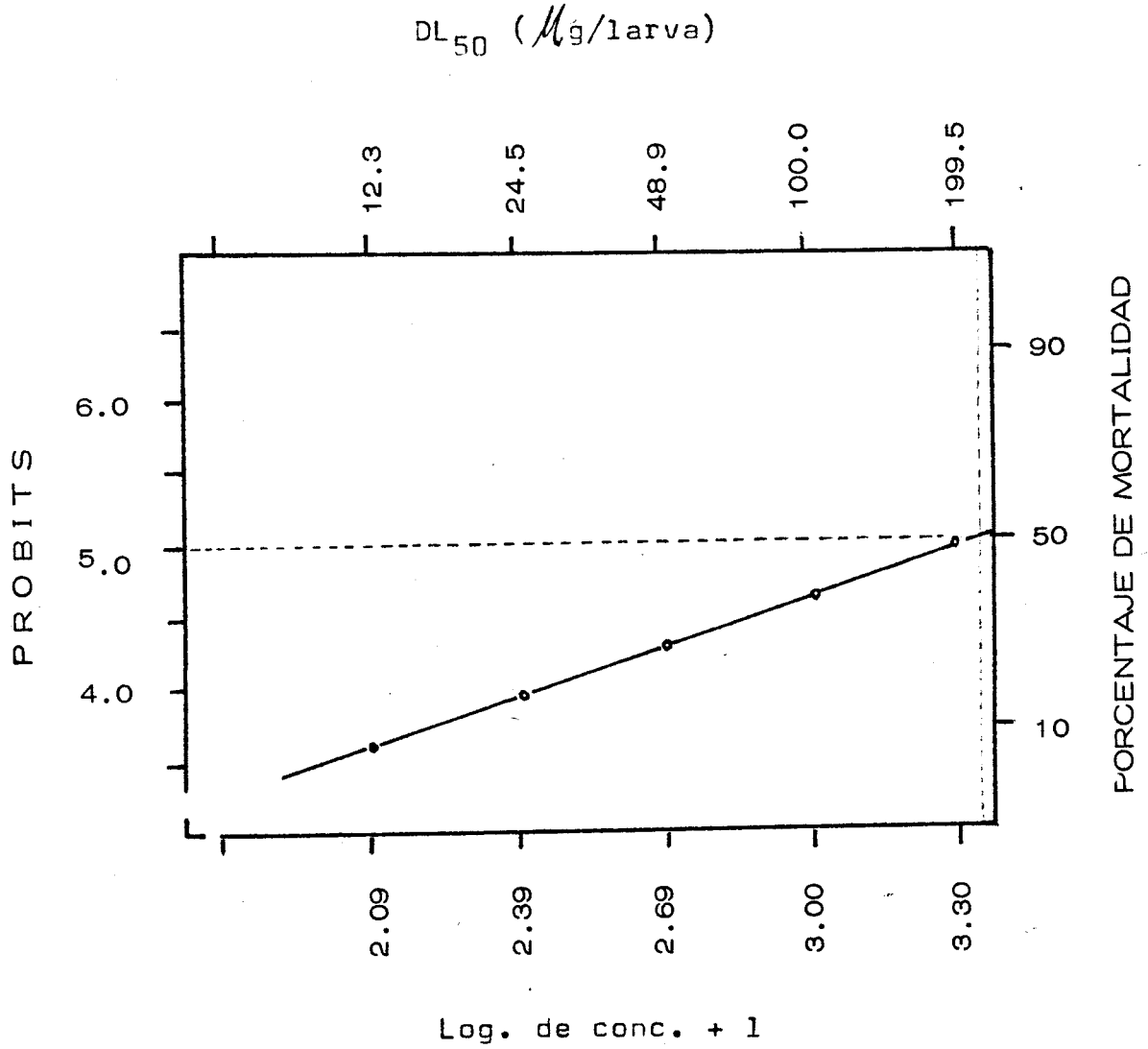

Figura 6. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Toxafeno a Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) Granada (Meta) 1981.

La determinación gráfica de la Dosis Letal Media podemos apreciarla en la figura 6.

Observando los resultados anteriores, no cabe duda que las poblaciones de S. frugiperda de las localidades de El Espinal (Tolima) y Granada (Meta), han alcanzado niveles elevados de tolerancia al Toxafeno. Los valores obtenidos de Dosis Letal Media, en ambos lugares superan ampliamente el más alto valor de la escala de resistencia (5.1 mg/g.), por lo que estas poblaciones son clasificadas como altamente resistentes a este compuesto.

En el campo, el fenómeno se ha reflejado en un control pobre de las plagas, haciéndose necesario aumentar la frecuencia de las aplicaciones y a su vez elevar cada vez más las dosis. Situación que se torna un poco preocupante por cuanto los insecticidas organoclorinados se constituyen hasta ahora en los compuestos químicos más utilizados en el control de las especies del genero Spodoptera, cuando estas se comportan como trozadores o tierreros.

3.5. Determinación de la Dosis Letal Media de Metil Parathion a Spodóptera sunia (G).

Poblaciones de S. sunia recolectadas en la zona de El Espinal (Tolima) fueron tratadas con Metil Parathion para determinar su Dosis Letal Media y su nivel de resistencia a

a este compuesto. El ensayo se realizó con tres generaciones sucesivas. Los datos originales obtenidos en el laboratorio, sus transformaciones a unidades de probabilidad y logarítmicas, al igual que las ecuaciones de regresión se muestran en el apéndice G.

El análisis de varianza de la tabla 15 nos sirve para comparar entre sí las ecuaciones de regresión $Y = 2.56+1.17X$, $Y = 2.25 + 1.39X$, $Y = 1.98 + 1.48X$ correspondientes a las generaciones F1, F2 y F3 respectivamente y a éstas con un intercepto común ($\bar{a} = 2.28$) y un coefiente de regresión común ($\bar{b} = 1.34$), realizado con el propósito de establecer una ecuación de regresión común a todas las generaciones.

Tabla 15

Análisis dee varianza para la comparación de las líneas de regresión. S. sunia, Metil Parathion. El Espinal.

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	.901	3.85	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión	1	.0004	.0017	N.S.
Entre pendientes individuales	2	.363	1.551	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	.234		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

N.S. No significativo al nivel del 1%.

Como se ve claramente, en ninguna de las pruebas el F calculado supera al F requerido al nivel del 1%, es decir, - que entre los valores comparados no existen diferencias - significativas y que por lo tanto podemos utilizar una ecuación común para cualquiera de las tres generaciones. A continuación transcribimos la ecuación de regresión común y su análisis de correlación:

r = 0.974 (coeficiente de correlación)

r^2 = 0.95 (coeficiente de determinación)

DS = 0.53 (Desviación standar)

CV = 10.52 (coeficiente de variación)

Límites de confianza al 95%:
bajo: -0.71 alto: 1.36

a = 2.28 (intercepto)

b = 1.34 (coeficiente de regresión)

$Y = 2.28 + 1.34X$ (ecuación de regresión común).

El coeficiente de correlación 0.97 (muy cercano a 1), denota una correlación positiva y estrecha entre las variables consideradas y a su vez una alta significancia al nivel del 1% para 13 grados de libertad, al superar ampliamente al (r) requerido (0.6411).

El coeficiente de determinación nos indica que el valor total de la mortalidad estuvo determinado en un 95% por el efecto directo de la dosis.

El análisis de varianza de la tabla 16 nos permite observar que tan ajustada a los datos se encuentra la ecuación de regresión común.

Tabla 16

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. S. sunia , Metil Parathion. El Espinal (Tolima)

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	74.764	74.764	259.65 **
Desvíos de la regresión	13	3.743	.287	
Total	14	78.507		

** Altamente significativo al nivel del 1%

El valor F calculado nos demuestra que efectivamente entre las variables consideradas (dosis y mortalidad), existe una alta correlación, lo cual se observa por la alta significancia.

El hecho de que la suma de cuadrados de los desvíos de la regresión sea aproximadamente el 5% del total, está corroborando el hallazgo previo del coeficiente de determinación.

El cálculo matemático de la DL_{50} aparece el el apéndice

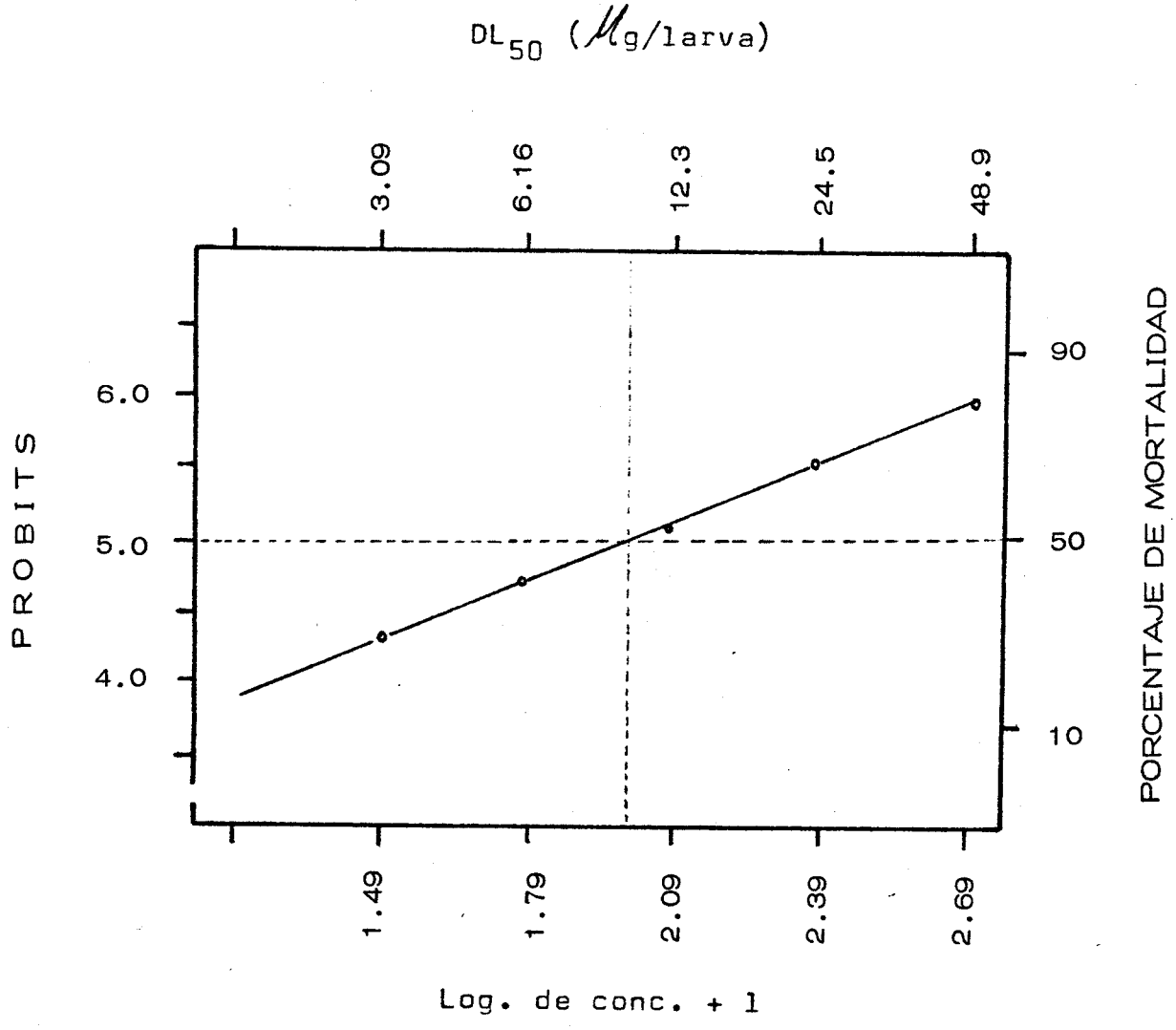

Figura 7. Determinación gráfica de la Dosis letal Media de Metil Parathion a Spodoptera sunia (Guenée). El Espinal 1980.

G-4. En este caso el valor calculado fue 0.30 mg/g.

El valor de la Dosis Letal Media 0.30 mg/g. que coloca a la especie en un nivel de resistencia Media, estaría indicandonos que esta plaga ha adquirido esta característica en un lapso de tiempo relativamente breve, pues es bien sabido que hasta hace pocos años empezó a considerársele como plaga de importancia económica. Sin embargo, se cree que esta situación ha sido el resultado de un largo proceso, debido a que el Spodoptera sunia ha estado presente desde hace muchos años actuando como plaga secundaria en casi todos los cultivos y por lo tanto sometida durante un período muy prolongado a la acción indirecta de todos los compuestos utilizados para el control de las plagas consideradas como de importancia económica.

3.6 Determinación de la Dosis Letal Media y la resistencia de Spodoptera sunia a Toxafeno.

Los individuos sometidos a tratamiento, fueron colectados en varios lotes de algodón en El Espinal. En el apéndice H se muestran los datos de laboratorio y las ecuaciones de regresión de cada generación con sus respectivos análisis de correlación y de varianza. En la tabla 17 se registra

el análisis de varianza que compara las ecuaciones individuales para el cálculo de la ecuación común.

Tabla 17

Análisis de varianza para la comparación de las líneas de regresión. S. sunia, Toxafeno. El Espinal (Tolima).

F de V.	GL	CM	F calculado	
Entre $\hat{b}$ y $\bar{b}$	1	.679	2.52	N.S.
Desvíos de los promedios de grupo al rededor de su línea de regresión	1	.410	1.52	N.S.
Entre pendientes individuales	2	.100	.37	N.S.
Al rededor de las líneas individuales	9	.269		
Al rededor de la línea pool	13			
Debido a la línea pool	1			
Total	14			

N.S. No significativo al nivel del 1%.

La prueba de F nos está demostrando que no existen diferencias significativas entre las pendientes individuales, es decir, podemos calcular una pendiente común a las tres ecuaciones. Pendiente común= 1.30.

Como ninguna de las subsiguientes pruebas de F ofreciera diferencias significativas, procedimos a calcular la ecuación de regresión común y a establecer su respectivo aná-

lisis de correlación:

r = 0.96 (coeficiente de correlación)
r2 = 0.93 (coeficiente de determinación)
DS = 0.53 (desviación standar)
CV = 12.74 (coeficiente de variación)
Límites de confianza al 95%:
bajo: 4.53 alto: 6.6
a = 0.70 (intercepto)
b = 1.30 (coeficiente de regresión)
Y = 0.70 + 1.30X (ecuación de regresión).

El análisis de varianza de la tabla 18 nos permitirá observar qué tan ajustada a los datos originales se encuentra la ecuación de regresión común.

Tabla 18

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza. S. sunia , Toxafeno. El Espinal (Tolima).

F de V.	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	50.712	50.712	177.61 **
Desvíos de la regresión	13	3.711	.285	
Total	14	54.429		

** Altamente significativo al nivel del 1%.

La suma de cuadrados de los desvíos de la regresión 3.711 es aproximadamente el 7% del total, o sea que solamente este porcentaje del valor total de la mortalidad estuvo influenciado de alguna forma por la variación de la dosis.

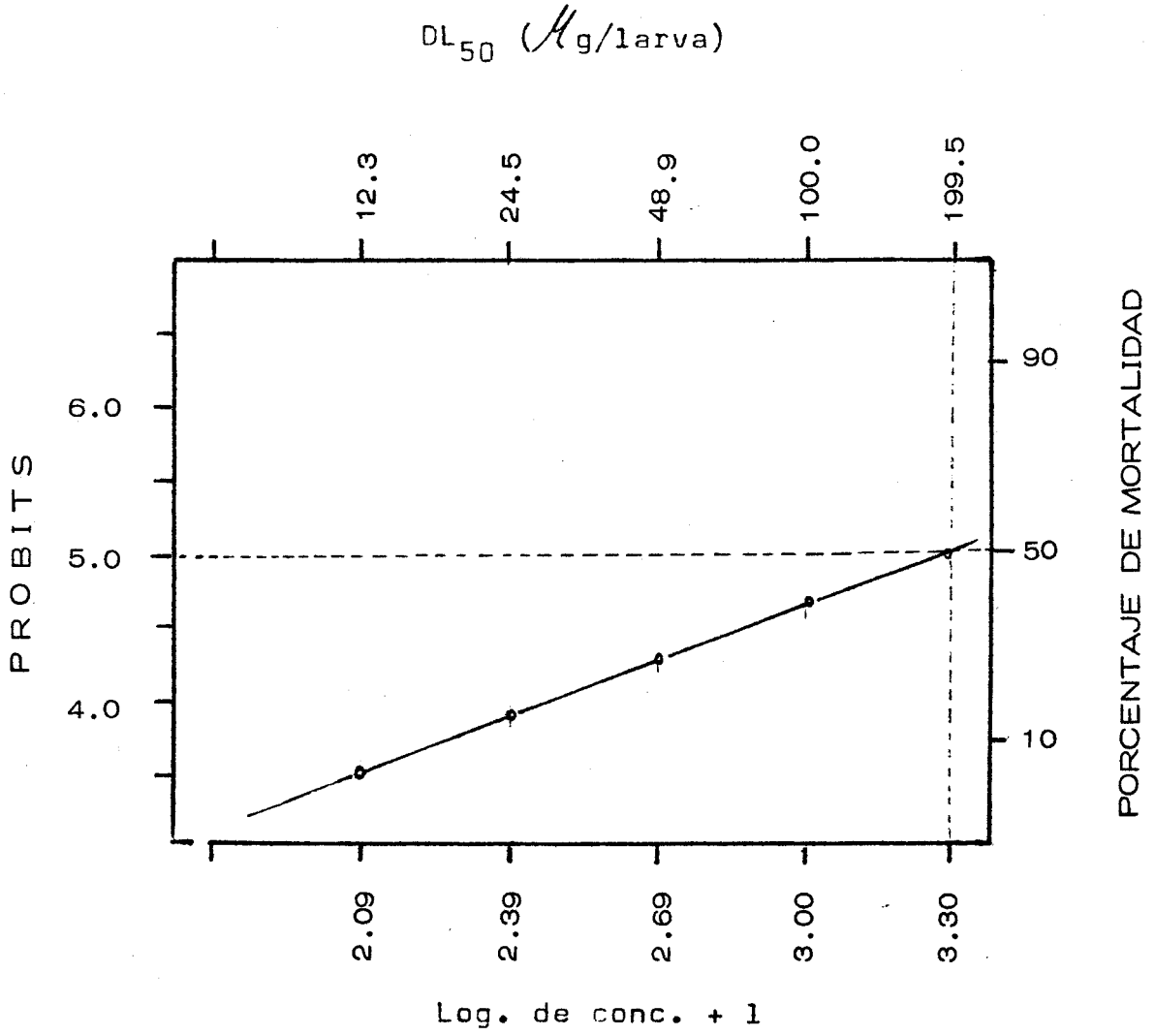

Figura 8. Determinación gráfica de la Dosis Letal Media de Toxafeno a Spodoptera sunia (Guenée) El Espinal 1980.

El hecho de que el valor F calculado 177.61 sea muy superior al F requerido al nivel del 1% para 1 y 13 grados de libertad (9.07) demuestra que evidentemente entre las variables dosis y mortalidad existe una alta relación como ya lo había mostrado el análisis de correlación.

El cálculo matemático de la Dosis Letal Media a partir de la ecuación de regresión común, se muestra en el apéndice H-4. Su valor calculado en este caso es 5.6 mg/g.

En las poblaciones tratadas se obtuvieron valores de Dosis Letal Media muy superiores al máximo determinado en la escala de resistencia (5.1 mg/g.), que desde luego clasifica a estas poblaciones como altamente resistentes al Toxafeno; resultado en verdad nada sorpresivo luego de haber observado el comportamiento del Spodoptera frugiperda ante el mismo compuesto y teniendo presente que ambas especies han tenido un tratamiento muy semejante, si no el mismo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La población de Heliothis virescens (F.) de El Espinal (Tolima), es en la actualidad menos tolerante al insecticida organofosforado Metil Parathion que en 1977, pero a su vez registra notables incrementos en la resistencia al Fenovarelato con respecto al mismo período.

2. Las larvas de S. frugiperda, recolectadas en la zona de El Espinal, son más tolerantes al Metil Parathion que las larvas de la misma especie recolectadas en Granada (Meta).

3. Las larvas de S. frugiperda, recolectadas en la zona de Granada (Meta), son más tolerantes al Toxafeno, que larvas de la misma especie recolectadas en la zona de El Espinal.

4. La resistencia que una plaga logre desarrollar a un insecticida determinado, puede reducirse con el uso posterior de compuestos con diferente principio activo.

5. La especie misma y el manejo dado a los compuestos usados en su control, son entre otros, factores determinantes

en el desarrollo de la resistencia y su pérdida posterior.

6. Actualmente la resistencia que las plagas presentan a los compuestos químicos usados para su represión,no reviste el carácter de catástrofe de otras épocas gracias al buen manejo de plagas, del cual forma parte el control químico.

7. Si bien los piretroides son una alternativa para el control de plagas resistentes a otros compuestos, su aplicación sobre especies tolerantes a organoclorinados debe hacerse con ciertas precauciones, debido a la resistencia cruzada que se ha observado entre estos compuestos.

8. Un adecuado manejo de los insecticidas, no solo disminuiría los riesgos de que las plagas desarrollen elevados niveles de tolerancia, sino que incide en los costos de control de plagas y de producción, sobre la fauna benéfica y la amenaza de la contaminación química.

9. Los Piretroides no deben ser introducidos aún, en zonas como los LLanos Orientales donde el uso de Organoclorinados ha sido amplio y excesivo pues se generarían problemas de resistencia mucho mayores que los actuales.

10. Estos trabajos deben formar parte del Control Integrado de plagas, y por lo tanto deben ser realizados mínimo cada año para verificar los cambios en tolerancia.

11. Antes de introducir un compuesto nuevo o en una zona determinada, se deben hacer estudios de resistencia.

RESUMEN

En el laboratorio Jaime Mor de la Federación Nacional de Algodoneros, situado en el municipio de El Espinal (Tolima) se establecieron en Julio de 1980, crías de larvas de Heliothis virescens (F.), Spodoptera frugiperda(J.E Smith) y Spodoptera sunia (Guenée), sobre dieta artificial,para evaluar los valores de Dosis Letal Media a tres insecticidas.

Para H. virescens, se hicieron tratamientos con Metil Parathion (Organofosforado), Fenovarelato (Piretroide) : para S. frugiperda y S. sunia, tratamientos con Metil Parathion y Toxafeno (Organoclorinado). Los anteriores insecticidas se utilizaron como producto técnico en solución con acetona.

Las larvas fueron tratadas cuando pesaban entre 35±5 mg. El método del tratamiento fué la aplicación tópica del insecticida, usando un microaplicador que suministró un microlitro de solución de insecticida por larva. Las lecturas de mortalidad se hicieron a las 48 horas de haber efectuado el tratamiento.

Los valores de la Dosis Letal Media, se obtuvieron usando la metodología del Análisis Probit de Busvine 1971 ; los datos se procesaron en el Servicio Nacional de Computación del DANE.

En el Espinal (Tolima), la Dosis Letal Media de Metil Parathion a H. virescens fué 0.1483 mg/g aproximadamente 10.6 veces más alta que la observada en 1970 por Wolfenbarger, pero a su vez resultó ser 5.4 veces menor que la determinada en 1977 que había sido 0.2238 mg/g. En las mismas poblaciones, la Dosis Letal Media de Fenovarelato 0.0089 mg/g., es aproximadamente 6.8 veces mayor que la observada para una cepa susceptible del Patía en el año de 1977, la cual fué 0.0013 mg/g.

La Dosis Letal Media de Metil Parathion a S. frugiperda fué 0.193 mg/g. para la zona de El Espinal, este valor es 2.2 veces mayor que el observado en Granada (Meta). Sin embargo para el insecticida Toxafeno el valor de Dosis Letal Media para S. frugiperda recolectado en Granada(Meta) (8.32 mg/g) fué mayor que el obtenido en El Espinal (6.44 mg/g

Para S. sunia, recolectado en El Espinal, con Metil Parathion se obtuvo una DL_{50} de 0.30 mg/g. que lo clasifica con resistencia media. Para Toxafeno la DL_{50} fué 5.6 mg/g. la cual lo situa como altamente resistente al insecticida.

SUMMARY

In the Colombian Cotton Growers Association laboratory Jaime Mor, located in El Espinal (Tolima-Colombia), Heliothis virescens (F.), Spodoptera frugiperda (J.E Smith) and Spodoptera sunia (Guenée), cultures were established in July 1980, in order to evaluate the LD_{50}'s to three insecticides.

Several treatments with Methyl Parathion (Organophophate) and Fenvarelate (Pyrethroid) were conducted on H. virescens and other treatments with Methyl Parathion and Toxaphene (Organoclorinated), were conducted on S. frugiperda and S. sunia, the insecticides were used as technical grade dissolved in acetona.

The larvae were treated when they weighted 35±5 mg. The insecticides was applied by topical application, using a microaplicator wich was giving a microliter of solution per larvae.The mortality were recorded 48 hours post-treatment.

The LD_{50}'s values, were obtained by P obit Analysis (Busvine 1971). Data were analyzed in The National Computation Center, DANE.

In El Espinal,(Tolima), the Methyl Parathion LD_{50} against H. virescens, were 0.1483 mg/g, approximately 10.6 fold higher than the observed in 1970 (Wolfenberger), but is 5.4 fold less than 0.2238 mg/g. obtained in 1977. The Fenvarelate had an LD_{50} of 0.0089 mg/g. when was applied on H. virescens populations, wich is somewhat higher than obtained by Patia's susceptible strains in 1977, (0.0013 mg/g.)

The Methyl Parathion LD_{50} for S. frugiperda (0.193 mg/g.) is 2.2 fold higher than obtained in Granada (Meta). Nevertheless the LD_{50} value with Toxaphene for S. frugiperda collected in Granada (Meta) 9.32 mg/g. is higher than (6.44 mg/g.) observed in El Espinal.

For S. sunia collected in El Espinal, the Methyl Parathion had an LD_{50} of 0.30 mg/g. that is why this pest had a level medium of resistance. With Toxaphene the LD_{50} obtained were 5.6 mg/g. that is why is classified as highly-resistant to insecticide.

REFERENCIAS

ABBOT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journ of Econ Ent. 18:265-267.

ADKISSON, P.L. 1968. Development of resistance by the to - bacco budworm to Endrin and Carbaryl. Jour 61(1):37-40.

ALCARÁZ, V.H. 1962. Principales plagas del Algodón en Co - lombia. IFA. Bogotá. Boletín Técnico 2. 64p.

ALVAREZ, R.A. 1978. Control integrado de plagas del Algo- donero en Colombia. Foro Tecnológico Algodonero. pp 157-188.

ALVAREZ, R.A. 1980. El Spodoptera spp. como plaga del Al- godonero. Sociedad Colombiana de Entomologia. Espinal. pp 157-188.

BRAZZEL, J.R. 1969. Standar method for detection of insec- ticide resistance in Heliothis zea (BODDIE) and Helio- this virescens (F.). In 2nd conference on Test Methods for resistance in insects of agricultural importance. Bull.Ent. Soc. Am. 16:147-153.

BRAZZEL, J.R. 1963. Resistance to DDT in Heliothis vires cens. Jour Econ. Ent. 56:571-574.

BROWNLEE, K.A. 1967. Statistical theory and methodology in science and engineering. Willey publications in statistics. pp 372-390.

BUSVINE, J.R. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides. Conmonw. Agric. Bur. Farham Royal Slough. England. pp 270-296.

BUTT, B.A., E. CANTU. 1962. Sex determination of lepidopterous pupae. USDA. ARS 33:2-7.

CARDONA, C., R. REVELO y F. RENDON. 1976. Los insecticidas y el control del complejo Heliothis en el Algodonero. El Algodonero. pp 12-17

CARDONA, C., R. REVELO y F. RENDON. 1977. Aumenta la resistencia del Heliothis a los insecticidas. El Algodonero pp 6-8.

CARDONA, C., R. REVELO y F. RENDON. 1977. La resistencia de plagas del Algodonero a los insecticidas en Colombia y sus implicaciones actuales. Seminario Socolen. 28 p

COMINS, H.N. 1977. The management of pesticide resistance Journ. Theor. Biol., 65:399-420

COSTA, J.J., A.E. MARGHARETIS y O.J MARSICO. 1974. Introduccion a la Terapéutica vegetal. A.I.D. Buenos Aires 532 p.

DARCY, G. 1965. Insects biochemical. Proc. Roy. Soc. London. Ser. 402 p.

DAZA, D.T., H. ALCARAZ. 1965. Control supervisado de plagas del Algodonero. Federalgodon. mimeografiado. 30 p

ELLIOT, M., N.F. JANES and C. POTTER. 1978. The future of Pyrethroids in insects control. Ann. Rev. Ent. 23: 443-469.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO. 1965. Métodos recomendados para la detección y la medición de la resistencia de plagas agricolas a los plaguicidas. Boletin Fitosanitario. pp 76-89.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO. 1967. Informe I reunion del Grupo de Trabajo de la FAO de expertos en resistencia de plagas a los plaguicidas. Roma. 56p.

FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS. 1977. Plagas del Algodonero y su control. Informe Técnico. 9:13-27.

GARCIA, R.F.A. 1971. Evaluación de las pérdidas en rendimiento ocasionadas por el daño de Heliothis spp en el Algodonero. ICA. Universidad Nacional. Tesis M.S. 64 p.

GARCIA, R.F.A. 1978. Plagas del Algodonero y su control. En Foro Tecnológico Algodonero. pp 131-156.

HERCULES TOXICOLOGICAL DATA. 1962. Physical and Chemical properties of Hercules Toxaphene. Bull. AP 103. 28 p.

HEWLET, P.S., F. WINTERINGHAM. 1964. Effect of the applied dose absorbed and relationship in terms of tolerance. Ann. Ent. Rev. pp 528-531.

KOMBLAS, K.N. 1975. Control of some important cotton insec-

ts pest in the Middle East with chlorpyrifos dewn to earth. 31(3):17-22.

LEVY, R., D.H. HABECK. 1976. Descriptions of the Spodoptera sunia and S.latisfacia with a key to mature Spodoptera larvae of the Eastern United States. Ann. Ent. Soc of Amer. 69(4):585-588.

LOZANO, B., T. DAZA. 1967. Resistencia del H. virescens Fabricius. al DDT en la zona algodonera del Tolima Sur Agric. Trop. 23(9):583-590.

MAHER, A.A. 1969. Pest control in the United Arab Republic with particular reference to the Spodoptera spp. FAO. Plant Protection Bulletin. 17(3):49-52.

MUTSUMURO, F. 1977. Toxicology of insecticides. pp 13-95

NOWLAM, M.D., D.D. HIGWOOD., R.J. DOWSON and J. HATTORI. 1977. Field perfomance of Fenvarelate, a new synthetic pyrethroid insecticide..Proc. 9th Brit. Insecticide and fungicide Conf. pp 649-656.

NOWLAM, M.D. 1977. Insecticidas Piretroides en el uso agrícola. El Algodonero. pp 16-25.

PAL, R., A.W. BROWN. 1973. Resistencia de los artrópodos a los insecticidas. OMS. Ginebra. 491 p.

PLAPP, F.W. 1979. Synergism of pyrethroids insecticides by formamidines against Heliothis pest cotton. Jour . Econ Ent. 72:667-670.

PLAPP, F.W. JR. 1981. Toxicity of synthetic pyrethroids to laboratory and field populations of the tobacco budworm

in Central Texas. Jour . Econ. Ent. 74(2)207-209

RAIGOSA, J.D. 1968. Efectos comparativos de varios insecticidas en el control de Heliothis

RENDON, F., C. CARDONA y R. REVELO. 1978. Plagas del Algodonero. Separata entomológica. El Algodonero.

REVELO, R. 1978. Manejo de productos agroquímicos. Insecticidas. TOA. 115 p.

SAWICKI, R.M. 1976. Resistance to pesticides. Rothamsted Experimental Station. pp 14-21.

SHELL TECHNICAL BULLETIN. 1965. Methyl Parathion properties physical and chemicals. 12 p.

SHELL TECHNICAL BULLETIN. 1978. WL 43775 properties physical and chemicals. 10 p.

WHITTEN, C.J., D.L. BULL. 1970. Resistance to organophosphorus insecticides in tobacco budworm. Jour . Econ. Ent. 63(5):1492-1495.

WINTERINGHAM, F.P.W. 1962. Mechanism of selective insecticidal action. Ann. Ent, Rev. pp 409-439.

WOLFENBARGER , D.A., R.L. McGARR. 1970. Toxicity of Methyl Parathion, Parathion and Monocrotophos applied topically to populations of lepidopteran pest of cotton. Jour. Econ. Ent. 63(5):1762-1765.

WOLFENBARGER, D.A., M.J. LUKEFARH and H.M. GRAHAM. 1973. LD_{50} values of Methyl Parathion and Endrin to tobacco budworm collected in the Americas and hypothesis on the spread of resistance in these lepidoptera to these insecticides. Jour . Econ. Ent. 66 :212-216.

APENDICE A-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Heliothis virescens (F)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	96.6	2.69	6.82	6.6	6.79	.238	7.14
25	30	83.3	2.39	5.96	6.4	5.95	.405	12.15
12.5	30	63.3	2.09	5.33	5.6	5.31	.558	16.74
6.25	30	53.3	1.79	5.09	5.1	5.08	.634	19.02
3.125	30	43.3	1.49	4.82	4.6	4.83	.601	18.03
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* Peso promedio larval 0.03498 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.95

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.90

Ecuación de regresión Y = 2.51 + 1.45X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	23.005	23.005	28.94 *
Desvios de la regresión	3	2.384	.794	
Total	4	25.389		

* Significancia al 5%

(1) concentración del insecticida (2) larvas tratadas (3) % de mortalidad (4) log. de concentración + 1 (5) Probit empírico (6) probit esperado (7) probit de trabajo (8) Coeficiente de ponderación (9) factor de ponderación.

APENDICE A-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de *Heliothis virescens* (F)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	100.0	2.69	-	6.9	7.34	.154	4.62
25	30	90.0	2.39	6.28	6.3	6.28	.336	10.08
12.5	30	73.3	2.09	5.61	5.8	5.60	.503	15.09
6.25	30	56.6	1.79	5.16	5.2	5.16	.627	18.81
3.125	30	40.0	1.49	4.75	4.6	4.74	.601	18.03
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.03512 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.97

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.95

Ecuación de regresión Y = 1.78 + 1.90X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	32.864	32.864	62.62 **
Desvios de la regresión	3	1.574	0.524	
Total	4	34.438		

** Significancia al 1%

APENDICE A-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Heliothis virescens (F)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	96.6	2.69	6.82	6.7	6.80	.208	6.24
25	30	90.0	2.39	6.28	6.2	6.27	.370	11.10
12.5	30	70.0	2.09	5.52	5.7	5.51	.532	15.96
6.25	30	53.3	1.79	5.09	5.2	5.08	.627	18.81
3.125	30	36.6	1.49	4.65	4.6	4.65	.601	18.03
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.03502 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.99
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.98
Ecuación de regresión Y = 1.92 + 1.78X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	32.344	32.344	178.42 ***
Desvios de la regresión	3	0.543	0.181	
Total	4	32.887		

*** significancia al .1%

APENDICE B-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de *Heliothis virescens* (F)* a Fenovarelato y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	30	100.0	2.0	-	7.0	7.15	.131	3.93
5	30	90.0	1.69	6.28	6.4	6.27	.302	9.06
2.5	30	83.3	1.39	5.96	5.9	5.96	.471	14.13
1.25	30	66.6	1.09	5.42	5.4	5.43	.601	18.03
0.625	30	60.0	0.79	5.25	4.9	5.25	.634	19.02
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.03542 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.96

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.93

Ecuación de regresión Y = 4.05 + 1.37X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	16.232	16.232	45.25 **
Desvíos de la regresión	3	1.076	0.358	
Total	4	17.308		

** significativo al 1%

APENDICE B-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de Heliothis virescens (F)* a Fenovarelato y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	30	96.6	2.0	6.82	6.8	6.82	.180	5.40
5	30	93.3	1.69	6.50	6.4	6.49	.302	9.06
2.5	30	80.0	1.69	5.84	6.0	5.82	.439	13.17
1.25	30	73.3	1.09	5.61	5.6	5.61	.558	16.74
0.625	30	70.0	0.79	5.52	5.2	5.51	.627	18.81
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.036 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.94
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.89
Ecuación de regresión Y = 4.54 + 1.06X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	10.640	10.640	24.54 *
Desvios de la regresión	3	1.300	0.433	
Total	4	11.940		

* significancia al 5%

APENDICE B-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Heliothis virescens (F)* a Fenovarelato y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	30	86.6	2.0	6.11	6.1	6.10	.405	12.15
5	30	83.3	1.69	5.96	5.9	5.96	.471	14.13
2.5	30	73.3	1.39	5.61	5.7	5.61	.532	15.96
1.25	30	70.0	1.09	5.52	5.4	5.52	.601	18.03
0.625	30	60.0	0.79	5.25	5.2	5.25	.627	18.81
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0358 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.98
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.97
Ecuación de regresión Y = 4.70 + 0.70X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	6.961	6.961	109.46 **
Desvios de la regresión	3	0.190	0.063	
Total	4	7.151		

** significancia al 1%

APENDICE B-4

Determinación matemática de la Dosis Letal Media de Fenovarelato para Heliothis virescens. El Espinal (Tolima).

$$Y = 4.52 + 0.95X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 4.52}{0.95}$$

$$X = 0.5052$$

DL_{50} = 0.320 g/larva

Peso promedio larval = 0.03574 gramos

DL_{50} = 0.0089 mg/g.

APENDICE C-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera frugiperda * a Metil Parathion y sus transformaciones. El Espinal (Tolima).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	100.0	2.69	-	6.8	7.26	.180	5.40
25	30	80.0	2.39	5.84	6.1	5.80	.405	12.15
12.5	30	56.6	2.09	5.16	5.4	5.15	.601	18.03
6.25	30	43.3	1.79	4.82	4.7	4.83	.616	18.48
3.125	30	23.3	1.49	4.27	4.0	4.30	.439	13.17
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.036 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.94
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.89
Ecuación de regresión Y = 1.12 + 3.03X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	36.442	36.442	26.87 *
Desvios de la regresión	3	4.069	1.356	
Total	4	40.511		

* significancia al 5%

APENDICE C-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de Spodoptera frugiperda * a Metil Parathion y sus transformaciones. El Espinal (Tolima).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	96.6	2.69	6.82	6.5	6.74	.269	8.07
25	30	80.0	2.39	5.84	6.0	5.82	.439	13.17
12.5	30	60.0	2.09	5.25	5.5	5.24	.581	17.43
6.25	30	46.6	1.79	4.90	5.0	4.91	.637	19.11
3.125	30	43.3	1.49	4.82	4.5	4.84	.581	17.43
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0339 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.93

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.86

Ecuación de regresión $Y = 2.47 + 1.43X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	23.294	23.294	19.37 *
Desvios de la regresión	3	3.607	1.202	
Total	4	26.901		

* Significancia al 5%

APENDICE C-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Spodoptera frugiperda * a Metil Parathion y sus transformaciones. El Espinal (Tolima).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	96.6	2.69	6.82	6.5	6.74	.269	8.07
25	30	80.0	2.39	5.84	6.0	5.82	.439	13.17
12.5	30	60.0	2.09	5.25	5.4	5.25	.601	18.03
6.25	30	46.6	1.79	4.90	4.9	4.91	.634	19.02
3.125	30	43,3	1.49	4.82	4.4	4.87	.558	16.74
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0337 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.92
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.85
Ecuación de regresión Y = 2.50 + 1.41X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	22.449	22.449	17.90 *
Desvios de la regresión	3	3.763	1.254	
Total	4	26.212		

* significancia al 5%

APENDICE C-4

Cálculo matemático de la Dosis Letal Media de Metil Parathion para Spodoptera frugiperda . El Espinal (Tolima).

$$Y = 2.10 + 1.59X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 2.10}{1.59}$$

$$X = 1.8239$$

DL_{50} = 5.666 g/larva

Peso promedio larval = 0.03453 gramos

DL_{50} = 0.193 mg/g.

APENDICE D-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera frugiperda * a Metil Parathion y sus transforma - ciones. Granada (Meta) 1981.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	93.3	2.69	6.50	6.6	6.49	.238	7.14
25	30	90.0	2.39	6.28	6.2	6.27	.370	11.10
12.5	30	76.6	2.09	5.72	5.8	5.72	.503	15.09
6.25	30	66.6	1.79	5.42	5.4	5.43	.601	18.03
3.125	30	53.3	1.49	5.09	5.0	5.08	.637	19.11
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0362 g.

Resultados del análisis estadistico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.996
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.992
Ecuación de regresión Y = 3.11 + 1.26X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	18.530	18.530	497.52 ***
Desvíos de la regresión	3	.111	.037	
Total	4	18.641		

*** Altamente significativo al nivel del 0.1%

APENDICE D-2

Determinación matemática de la Dosis Letal Media de Metil Parathion para Spodoptera frugiperda . Granada (Meta).

$$Y = 3.11 + 1.26X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 3.11}{1.26}$$

$$X = 1.5$$

DL_{50} = 3.1622 g/larva

Peso promedio larval = 0.0357 gramos

DL_{50} = 0.088 mg/g.

APENDICE E-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera frugiperda * a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	43.3	3.3	4.82	4.9	4.83	.634	19.02
100	30	33.3	3.0	4.56	4.5	4.56	.581	17.43
50	30	23.3	2.69	4.27	4.1	4.28	.471	14.13
25	30	10.0	2.39	3.72	3.7	3.72	.336	10.08
12.5	30	3.3	2.09	3.15	3.3	3.18	.208	6.24
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* Peso promedio larval 0.0358 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.98
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.96
Ecuación de regresión $Y = 0.67 + 1.28X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	17.037	17.037	75.85 **
Desvios de la regresión	3	0.673	0.224	
Total	4	17.710		

** significancia al 1%

APENDICE E-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de Spodoptera frugiperda * a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	50.0	3.3	5.0	5.1	5.0	.634	19.02
100	30	40.0	3.0	4.75	4.7	4.58	.616	18.48
50	30	26.6	2.69	4.37	4.3	4.38	.532	15.96
25	30	13.3	2.39	3.80	3.9	3.89	.405	12.15
12.5	30	6.6	2.09	3.49	3.5	3.48	.269	8.07
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0346 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.99

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.98

Ecuación de regresión Y= 1.02 + 1.20X

Análisis de reg resión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	17.126	17.126	167.06 **
Desvios de la regresión	3	0.307	0.102	
Total	4	17.437		

** significancia al 1%

APENDICE E-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Spodoptera frugiperda * a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	46.6	3.3	4.90	5.1	4.91	.634	19.02
100	30	36.6	3.0	4.65	4.6	4.65	.601	18.03
50	30	26.6	2.69	4.37	4.2	4.38	.503	15.09
25	30	10.0	2.39	3.72	3.6	3.72	.302	9.06
12.5	30	3.3	2.09	3.15	3.2	3.15	.180	5.40
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0339 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.97

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.94

Ecuación de regresión Y = 0.56 + 1.34X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	17.589	17.589	47.84 **
Desvios de la regresión	3	1.102	0.367	
Total	4	18.691		

** significancia al 1%

APENDICE E-4

Cálculo matemático de la Dosis Letal Media de Toxafeno para Spodoptera frugiperda. El Espinal (Tolima).

$$Y = 0.78 + 1.26X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 0.78}{1.26}$$

$$X = 3.35$$

DL_{50} = 223.87 g/g.

Peso promedio larval = 0.03476 gramos.

DL_{50} = 6.44 mg/g.

APENDICE F-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera frugiperda * a Toxafeno y sus transformaciones. Granada 1981.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	43.3	3.3	4.82	5.0	4.83	.637	19.11
100	30	33.3	3.0	4.56	4.6	4.56	.601	18.03
50	30	26.6	2.69	4.37	4.3	4.38	.532	15.96
25	30	16.6	2.39	4.03	3.9	4.04	.405	12.15
12.5	30	6.6	2.09	3.49	3.5	3.48	.269	8.07
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.036 g.

Res ultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.97

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.95

Ecuación de regresión Y = 1.57 + 0.99X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	11.794	11.794	59.15 **
Desvíos de la regresión	3	0.598	0.199	
Total	4	12.392		

** significancia al 1%

APENDICE F-2

Determinación matemática de la Dosis Letal Media de Toxafeno para Spodoptera frugiperda. Granada (Meta).

$$Y = 1.57 + 0.99X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 1.57}{0.99}$$

$$X = 3.4646$$

DL_{50} = 291.47 g/g.

Peso promedio larval = 0.03505 gramos.

DL_{50} = 8.32 mg/g.

APENDICE G-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	76.6	2.69	5.72	5.7	5.72	.532	15.96
25	30	63.3	2.39	5.33	5.4	5.34	.601	18.03
12.5	30	53.3	2.09	5.09	5.0	5.08	.637	19.11
6.25	30	36.6	1.79	4.65	4.7	4.70	.616	18.48
3.125	30	23.3	1.49	4.27	4.3	4.27	.532	15.96
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0346 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.99

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.99

Ecuación de regresión $Y = 2.56 + 1.17X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	20.466	20.466	443.25 ***
Desvios de la regresión	3	0.138	0.046	
Total	4	20.604		

*** significancia al .1%

APENDICE G-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	86.6	2.69	6.11	6.1	6.10	.405	12.15
25	30	73.3	2.39	5.61	5.7	5.61	.532	15.96
12.5	30	50.0	2.09	5.0	5.2	5.0	.627	18.81
6.25	30	43.3	1.79	4.82	4.8	4.82	.627	18.81
3.12	30	26.6	1.49	4.37	4.4	4.37	.558	16.74
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0361 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.98
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.97
Ecuación de regresión $Y = 2.25 + 1.39X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	26.107	26.107	102.15 **
Desvios de la regresión	3	0.766	0.255	
Total	4	26.873		

** significancia al 1%

APENDICE G-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Metil Parathion y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	30	83.3	2.69	5.96	6.0	5.96	.439	13.17
25	30	76.6	2.39	5.72	5.6	5.71	.558	16.74
12.5	30	46.6	2.09	4.90	5.1	4.91	.634	19.02
6.25	30	36.6	1.79	4.65	4.7	4.65	.616	18.03
3.125	30	23.3	1.49	4.27	4.2	4.27	.503	15.09
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0354 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.98
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.96
Ecuación de regresión $Y = 1.98 + 1.48X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de - varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	29.483	29.483	73.13 **
Desvios de la regresión	3	1.209	0.403	
Total	4	30.692		

** significancia al 1%

APENDICE G-4

Determinación matemática de la Dosis Letal Media de Metil Parathion para Spodoptera sunia. El Espinal (Tolima).

$$Y = 2.28 + 1.34X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 2.28}{1.34}$$

$$X = 2.0298$$

$$DL_{50} = 10.71 \quad g/g.$$

Peso promedio larval = 0.03536 gramos

$$DL_{50} = 0.38 \text{ mg/g.}$$

APENDICE H-1

Datos de laboratorio para la generación F1 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	46.6	3.3	4.90	5.0	4.91	.637	19.11
100	30	33.3	3.0	4.56	4.5	4.56	.581	17.43
50	30	20.0	2.69	4.16	4.1	4.16	.471	14.13
25	30	10.0	2.39	3.72	3.7	3.72	.336	10.08
12.5	30	3.3	2.09	3.15	3.2	3.15	.180	5.40
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0367 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.99
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.99
Ecuación de regresión Y = 0.39 + 1.38X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	18.853	18.853	320.05 ***
Desvíos de la regresión	3	0.176	0.058	
Total	4	19.029		

*** significancia al .1%

APENDICE H-2

Datos de laboratorio para la generación F2 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	46.6	3.3	4.90	5.2	4.91	.627	18.81
100	30	40.0	3.0	4.75	4.8	4.74	.627	18.81
50	30	30.0	2.69	4.48	4.3	4.49	.532	15.96
25	30	16.6	2.39	4.03	3.8	4.06	.370	11.10
12.5	30	3.3	2.09	3.15	3.3	3.18	.208	6.24
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0361 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.93
Coeficiente de determinación (r^2) = 0.87
Ecuación de regresión Y = 1.09 + 1.19X

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	15.161	15.161	21.75 *
Desvíos de la regresión	3	2.091	0.697	
Total	4	17.252		

* significancia al 5%

BIBLIOTECA
DE COLOMBIA

APENDICE H-3

Datos de laboratorio para la generación F3 de Spodoptera sunia(Guenée)* a Toxafeno y sus transformaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30	50.0	3.3	5.0	5.0	5.0	.637	19.11
100	30	36.6	3.0	4.65	4.6	4.65	.601	18.03
50	30	20.0	2.69	4.16	4.2	4.16	.503	15.09
25	30	10.0	2.39	3.72	3.8	3.72	.370	11.10
12.5	30	6.6	2.09	3.49	3.4	3.50	.238	7.14
0.0	30	-	-	-	-	-	-	-

* peso promedio larval 0.0359 g.

Resultados del análisis estadístico de la tabla anterior:

Coeficiente de correlación (r) = 0.99

Coeficiente de determinación (r^2) = 0.99

Ecuación de regresión $Y = 0.54 + 1.35X$

Análisis de regresión expresado en forma de análisis de varianza para el ajuste de la ecuación:

F de V	GL	SC	CM	F calculado
Regresión	1	17.190	17.190	334.78 ***
Desvíos de la regresión	3	0.154	0.051	
Total	4	17.344		

*** significancia al .1%

APENDICE H-4

Cálculo matemático de la Dosis Letal Media de Toxafeno para Spodoptera sunia. El Espinal (Tolima).

$$Y = 0.7 + 1.3X$$

$$Y = 5$$

$$X = \frac{5 - 0.7}{1.3}$$

$$X = 3.3077$$

DL_{50} = 203.1 g/g.

Peso promedio larval = 0.03626 gramos.

DL_{50} = 5.6 mg/g.