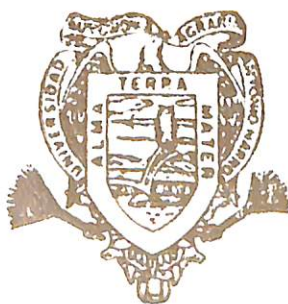


DETERMINACION DE LOS NIVELES DE
SUSCEPTIBILIDAD DE *Phthorimaea operculella* (Zeller)
A METAMIDOFOS Y PARATION METALICO
EN VARIAS REGIONES DE MEXICO

MOISES GOMEZ CRUZ

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

MARZO DE 1993

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de
asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al
grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN
PARASITOLOGIA AGRÍCOLA

C O M I T E P A R T I C U L A R


Asesor principal:


DR. EUGENIO GUERRERO RODRIGUEZ

Asesor:


ING. MC. JORGE CORRALES REYNAGA

Asesor:


ING. MC. FELIX DE J. SANCHEZ PEREZ


DR. JOSE MANUEL FERNANDEZ BRONDO
Subdirector de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Buenavista, Saltillo, Coahuila, Marzo 1993

BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". En especial al Departamento de Parasitología.

Al Comité de Asesoría, integrado por el Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez, MC. Jorge Corrales Reynaga y MC. Félix de Jesús Sánchez Perez, por su apoyo didáctico y científico y por su trato paternal para con mi persona; logrando así la realización de este trabajo.

Al MVZ. Eloy Mendez Garcia por su ayuda desinteresada e incondicional para la realización de mis estudios de postgrado.

Muy especialmente al C. Ing. Everto Espinoza Miyazawa por su apoyo y alto grado de honorabilidad.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Roberto Gómez Vázquez

Fausta Cruz de Gómez

Por su amor, apoyo y por haberme dado la existencia. Así como por el digno ejemplo de moral y responsabilidad.

Para Tí: Mujer bonita que aún cuando no estás presente, se que estás conmigo y en todo momento me has apoyado y tenido paciencia e impulsándome para que cumpla con mi trabajo.

Determinación de los Niveles de Susceptibilidad de *Phthorimaea operculella* (Zeller) a Metamidofos y Paratión Metílico en Varias Regiones de México.

Por

MOISES GOMEZ CRUZ

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARZO 1993

Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez -Asesor-

Palabras claves: Bioensayos toxicológicos, insecticidas, papa, palomilla de la papa.

El presente trabajo se desarrolló durante 1989-1990 en varias regiones paperas de México, teniendo como objetivo el de determinar la susceptibilidad de *Phthorimaea operculella* (Zeller) a dos insecticidas fosforados mediante el método de película residual con larvas colectadas en campo de Derramadero, Coah., Navidad, N.L. Perote, Ver., Mochis, Sin., y León, Gto., y comparadas con la línea de laboratorio, susceptible a insecticidas con los dos insecticidas y con cada una de las poblaciones de larvas de la palomilla de la

papa se determinaron las líneas de dosis-mortalidad para obtener las CL_{50} correspondientes en ppm. Así se determinó que en la región de Mochis, Sin., se manifestó la mayor pérdida de susceptibilidad a metamidofos con 2.15X. Con relación al paratión metílico la mayor pérdida de susceptibilidad se presentó en la población de la región de León, Gto., con 1.52X en comparación con la línea de laboratorio.

Resolution to Determinate the Levels of Susceptibility of
Phthorimaea operculella (Zeller) to Metamidofos and Parati6n
Met6lico in Various Regions of Mexico.

BY

MOISES GOMEZ CRUZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARCH 1993

MC. Eugenio Guerrero Rodr6guez -Adviser-

Key words: Toxicological bioexperiment, insecticides,
potato, potato morth.

The development of this experiment took place during 1989-1990 in various potato growing regions of Mexico, having as its main objective the resolution to determinate the susceptibility of *Phthorimaea operculella* (Zeller) to two phosphorus insecticides by means of the method residue film with larvas collected in the grwing fields of Derramadero, Coah., Navidad, N.L., Perote, Ver., Mochis, Sin., and Leon, Gto., an compared with a line of laboratory, susceptible to insecticides with the two insecticides and each one of the population of larva of the potato moth. The toxicological

bioassays were conducted to determinate the mortality dose answer in order to obtain the CL_{50} in ppm. It was determined that in the region of Mochis, Sin., there was a major loss of susceptibility to metamidofos with 2.15X. In regards to the paration metilico the major loss of susceptibility occurred in the population of the region of Leon, Gto., with 1.52X, using as check the line from lab.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
PALOMILLA DE LA PAPA.....	3
RESISTENCIA DE INSECTOS A INSECTICIDAS.....	7
CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA.....	7
CLASES DE RESISTENCIA.....	8
MANEJO DE LA RESISTENCIA DE INSECTOS A INSECTICIDAS.....	18
MANEJO POR MODERACION.....	19
MANEJO POR SATURACION.....	20
MANEJO POR ATAQUE MULTIPLE.....	20
ROTACION ALTERNA DE INSECTICIDAS.....	20
MATERIALES Y METODOS.....	24
RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
DISCUSION GENERAL	38
CONCLUSIONES.....	41
RESUMEN.....	42
LITERATURA CITADA.....	45
APENDICE.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
Cuadro 3.1	Fechas de colecta de larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> y de corrimientos de bioensayos con paratión metílico y metamidofos.	28
Cuadro 3.2	Diluciones en ppm empleadas para la obtención de las líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de <i>Phthorimaea operculella</i>	29
Cuadro 4.1.	Concentraciones letales obtenidas en larvas de 4º de <i>P. operculella</i> con metamidofos.	32
Cuadro 4.2.	Valores proporcionales de susceptibilidad en larvas de 4º estadio de <i>P. operculella</i> con metamidofos.	32
Cuadro 4.3.	Concentraciones letales obtenidas en larvas de 4º estadio de <i>P. operculella</i> con paratión metílico.	36
Cuadro 4.4.	Valores proporcionales de susceptibilidad en larvas de 4º estadio de <i>P. operculella</i> con paratión metílico.	36
Cuadro A.1.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , de Laboratorio	51
Cuadro A.2.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Derramadero, Coah.	51
Cuadro A.3.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en León, Gto.	52
Cuadro A.4.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Mochis, Sin.	52

Cuadro A.5.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Navidad, N.L.	53
Cuadro A.6.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Perote, Ver.	54
Cuadro A.7.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , de Laboratorio	54
Cuadro A.8.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Mochis, Sin.	55
Cuadro A.9.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Perote, Ver.	56
Cuadro A.10.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Derramadero, Coah.	57
Cuadro A.11.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en Navidad, N.L.	58
Cuadro A.12.	Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , en León, Gto.	59
Cuadro A.13.	Ecuación de predicción de cada una de las líneas de regresión de dos insecticidas en áreas de México en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i>	60
Cuadro A.14.	Áreas de México de estudio en larvas de 4º estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> , coeficiente de correlación, bondad de ajuste, grados de libertad y distribución de la chi-cuadrada.	61

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1.	Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 4ª estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> de distintas localidades al metamidofos.....	34
4.2.	Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 4ª estadio de <i>Phthorimaea operculella</i> de distintas localidades al paratión metílico.....	40

INTRODUCCION

La papa *Solanum tuberosum* L. es originaria de las regiones del Perú y Bolivia donde fue cultivada esta planta en tiempos de la civilización incaica (Bianchini, 1974). Su alta producción por unidad de superficie hace que su redituabilidad garantice las fuertes inversiones que su mantenimiento requiere. Además de que es una fuente permanente de trabajo tanto en el campo como en la industria.

En 1980 se sembró en México una superficie de 81,485 has con papa, siendo los principales estados productores: Guanajuato, Puebla, Estado de México, Veracruz, Sinaloa, Michoacán, Chihuahua, Tlaxcala, Baja California Norte y Nuevo León (Cepeda y Guerra, 1983).

La producción de papa en nuestro país, frecuentemente es mermada por problemas parasitológicos entre los que se reporta a la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) reportada como plaga clave en la región del Bajío en el Estado de Guanajuato donde si no se toman medidas fitosanitarias para su control puede causar pérdidas superiores al 50 por ciento de la producción total (Rocha y Salinas, 1984).

En la actualidad en la región de Navidad, N.L., se realizan de 10 a 15 aplicaciones para combatir a esta plaga

(Del Angel, 1985). Los que se consideran un número excesivo y con agravantes de que se realizan en forma calendarizada además si se considera que los productos utilizados comúnmente pertenecen un 75 por ciento del total recomendados al grupo de los organofosforados y que la resistencia se induce por presión de selección con productos del mismo grupo toxicológico, (Brown, 1968 y Alva, 1976), es de esperarse el desarrollo de resistencia como ya lo demostró Guerrero en 1989 para la región de Navidad, N.L. y derramadero, Coah; sin embargo, no se tiene idea de como se encuentra en México los niveles de resistencia a fosforados de uso común en las distintas zonas paperas, donde se encuentra presente este insecto-plaga.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue: determinar los niveles de susceptibilidad de *P. operculella* de distintas áreas paperas de México a los organofosforados paratión-metílico y metamidofos.

REVISION DE LITERATURA

Palomilla de la Papa

Posición Taxonómica

Borrór *et al.* (1989) señala la posición taxonómica de la forma siguiente:

Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Atelocerata
Clase	Hexapoda
Orden	Lepidoptera
Suborden	Ditrysia
Superfamilia	Gelechiidea
Familia	Gelechiidae
Género	<i>Phthorimaea</i>
Especie	<i>operculella</i>

Descripción y Ciclo de Vida

Adulto. Son palomilla de color gris, que miden alrededor de 1.25 cm de punta a punta con las alas extendidas (Essing, 1958). El par de alas anteriores son más grandes que el posterior, y son muy estrechas, las posteriores son

gris amarillentas con dos o tres manchas negras alargadas en la parte posterior, las anteriores son de color gris ostentando largos pelos (Bonnemaiso, 1976). Presentan ojos compuestos con dos ocelos, tarso de cinco segmentos, protórax muy pequeño (Metcalf y Flint, 1981).

Santoro (1960), señala que las palomillas son activas sólo por la noche y de día se esconden debajo de las hojas, o sobre el terreno, hojarascas, etc.

Huevecillos. Son ovipositados en número de 150 a 200 en forma aislada (Metcalf y Flint, 1981) cuyo período de incubación a temperaturas entre 11 y 35 °C varía de 15 a 3 días (Langford y Cory, 1931). Son de forma oval de 0.5 mm de largo, al principio con reflejos nacarados y enteramente lisos, a medida que avanza la incubación se arrugan y cambian de color a gris plumizo. Para salir la larva del huevecillo roe con sus mandíbulas el corión abriendo un orificio por donde emerge al exterior (Essing, 1958).

Larva. Es color blanco rosada con la cabeza y protórax pardo oscuro con algunos puntos negros y con un número pequeño de pelos sobre cada segmento, suele atacar en el mismo sitio que ocupó el huevecillo (Ross, 1973). Además presenta un escudo protorácico muy marcado dividido longitudinalmente en dos y de color café (Borja, 1981).

Presenta tres segmentos torácicos, diez segmentos abdominales, en el extremo del labium presenta un órgano hilandero del cual exuda seda; además pseudópodos en los segmentos 3, 4, 5, 6 y 10 del abdomen (Metcalf y Flint, 1981). La frente y áreas adfrontales dorsalmente son muy agudas y alcanzan el triángulo cervical, tienen espiráculos circulares, los del octavo segmento más grandes que los del segmento uno a siete. El grupo Kappa (preespiracular) en el protórax está formado por tres setas; escudo anal con ocho setas (Domínguez, 1986).

Las larvas que eclosionan de los huevecillos que fueron ovipositados en el follaje minan las hojas y barrenan el tallo, el mayor daño lo hacen durante la formación del tubérculo y durante el desvare ya que el adulto aprovecha las grietas que se forman en el suelo para ovipositar en los tubérculos. Una vez la larva dentro del tubérculo comienza su alimentación excavando galerías, al principio en la superficie y a medida que crece va barrenando hacia el interior (Ross, 1973). La actividad de la larva minadora es muy favorecida por el clima seco, al contrario, las lluvias con clima húmedos limitan el desarrollo. Con las lluvias se rompe la epidermis de la mina donde vive la larva que tiene que salir a la superficie de la hoja, para empezar la excavación de otra mina, en ese lapso está expuesta a las adversidades climáticas y a los enemigos naturales. Cuando

la larva nace sobre el tubérculo realiza la excavación de una galería protegiendo la entrada con secreciones de seda que se mezcla con los excrementos de color negro (Santoro, 1960).

Las larvas que dañan el follaje por lo general hacen sus túneles a lo largo de la nervadura central y cuando han consumido la mayor parte de una hoja la unen con tela sedosa a una hoja adyacente para completar su desarrollo (Santoro, 1960). Su ciclo biológico es de 32 días, llegando a presentarse hasta seis generaciones por año. Las larvas cuando llegan a su mayor tamaño alcanzan una longitud de 12 mm, suele abandonar la galería para pupar aunque a veces lo hace en el interior del tubérculo (Ross, 1973). El período de desarrollo larval a una temperatura de 26.7 °C es de un promedio de 12 días (Langford y Cory, 1932).

La pupa es de aproximadamente 7mm de longitud y adquiere un color café oscuro el adulto está próximo a salir. Bajo condiciones de campo cuando las larvas van a pupar descienden al suelo y construyen un cocón rudimentario con piedrecillas adheridas a hojas secas (Padilla y Ortega, 1963). El período pupal puede durar seis días a una temperatura media de 32 °C ó 26 días a una temperatura de 17 °C (Langford y Cory, 1932).

Resistencia de Insectos a Insecticidas

Rodríguez (1983) menciona que la resistencia de insectos a insecticidas constituye uno de los dos más serios obstáculos para elevar la producción agrícola tan necesaria en la alimentación de la creciente población humana. Síntoma palpable es el fracaso del plaguicida cuando se utiliza a las dosis que originalmente eran efectivas contra poblaciones de insectos plaga (Lagunes, 1982). El fenómeno de resistencia ha crecido exponencialmente hasta constituir hoy en día un problema que debe considerarse en cualquier programa de control de plagas, así para 1970 se reportaron 224 especies de artrópodos con resistencia y en 1980 aumentó a 428 (Georghiou, 1983).

Características de la Resistencia

Las poblaciones que manifiestan capacidad para adquirir resistencia a los insecticidas, es un caso de su adaptabilidad a los cambios del medio ambiente. De esta manera, la rapidez con que la manifiesten depende del grado de selección de la población, a causa de las altas dosis y frecuencia de aplicaciones, así como del resto de la población no expuesta que por medio de migraciones y combinaciones genéticas, permite la restauración de genes susceptibles (Gunther y Jeppson, 1962).

La resistencia es considerada como una característica hereditaria que se expresa sólo en poblaciones que poseen los factores para tal resistencia y no es posible inducirla por hábito durante la vida del insecto ya que preexiste en su contenido genético; los genes mutantes se seleccionan por el uso de insecticidas, dando origen a razas tolerantes que sobreviven y que al reproducirse heredan la resistencia a su progenie (Plapp, 1976; Cremlyn, 1982).

Lagunes y Rodríguez (1985) indican que el conocimiento del grado de participación de mecanismos detoxificativos en los grupos de insecticidas, es de gran utilidad cuando se desea evitar o retrasar la resistencia mediante el uso alternativo de insecticidas, esto evita que se cometa el error del empleo continuo de aquellos productos que comparten el mismo mecanismo detoxificante. Además menciona que existen varios mecanismos de resistencia identificados hasta el momento, cuya actividad varía notablemente de acuerdo a las características intrínsecas de los insecticidas utilizados, la detoxificación enzimática en general es el mecanismo más común de insectos.

Clases de Resistencia

Se distinguen dos clases de resistencia: la fisiológica y la de comportamiento. La primera implica la

presencia de uno o varios mecanismos específicos metabólicos (enzimática) y no metabólicos (morfológica), según sea el estímulo ejercido, y la segunda incluye todo aquel hábito que adopta determinada especie en respuesta a estímulos en el medio ambiente, por el cual evade el contacto con el tóxico aplicado o sólo recibe cantidades subletales (Rodríguez, 1983).

Se reconoce dos tipos de resistencia según sea el número de mecanismos y plaguicidas involucrados: la cruzada y la múltiple. La resistencia cruzada induce a que la población plaga adquiera resistencia a dos o más plaguicidas usualmente relacionados, por la acción de un mecanismo de resistencia, como resultado de la exposición a uno de ellos (resistencia cruzada positiva), no pudiendo expresarse en otros insecticidas distintos químicamente denominándosele resistencia cruzada negativa (Plapp, 1976; Gunther y Jeppson, 1962).

Lagunes (1982) menciona que varios autores han observado en poblaciones de insectos, aumento en la susceptibilidad a organofosforados como resultado de la selección con piretroides y viceversa, por lo que recomienda utilizar un organofosforado después de un piretroide, pero nunca un carbamato, ya que exponen el mismo mecanismo detoxificante. Chen y Sun (1986) suplementan que los

carbamatos pueden inducir resistencia a organofosforados y a hidrocarburos clorados, pero no a los de su mismo grupo, como ocurre en el caso de los piretroides, en los cuales la resistencia cruzada es común.

Graves *et al.* (1967) y Georghiou (1983) por ejemplo, indicaron que el picudo del algodónero es capaz de manifestar resistencia a DDT y toxafeno y desarrollar resistencia cruzada a tres organofosforados, dos carbamatos y en bajos niveles a endrín, pero nunca a azinfosmetil. Los hidrocarburos clorados en general no inducen tal resistencia a fosforados pero estos si la inducen a dichos hidrocarburos.

A continuación se describen los principales mecanismos detoxificantes que en un momento dado pueden estar involucrados en la resistencia de los insectos objeto de este estudio, de acuerdo a los grupos toxicológicos a los que pertenecen los insecticidas empleados para su control.

Función Oxidativa Mixta (FOM)

Este método enzimático es conocido también como citocromo P-450, oxidación microsomal, oxidación de función múltiple, etc., y juegan un papel determinante tanto en insectos susceptibles como resistentes. El organelo celular en donde se asocian las diversas enzimas que constituyen el

complejo FOM es el retículo endoplásmico, localizada en el cuerpo graso, tubos de malpighi y tracto digestivo en el caso de los insectos, por lo que se considera la primera defensa contra agentes tóxicos lipofílicos de carácter xenobióticos (Lagunes y Rodríguez, 1985).

La no especificidad de la FOM y su incremento de actividad mencionado por Wilkinson (1983), es señalada en la mayoría de las plagas fitófagas, especialmente las polífagas, los que manifiestan resistencia en mayor o menor grado por este mecanismo, fundamentalmente en aquellos estados del insecto en donde la necesidad alimenticia es más intensa. De esta manera, la actividad del citocromo P-450 da origen a un producto hidrofílico excretable o metabolizado por mecanismos secundarios; la FOM confiere resistencia mediante dicha actividad a través de reacciones que involucran grupos fundamentales diferentes, entre las que se encuentran la hidroxilación aromática, o dealquilación, N-dealquilación, desulfuración oxidativa y la epoxidación.

Nakatsugawa *et al.* (1969) afirman que dentro del grupo de los organofosforados aquellos que poseen enlace P=S pueden ser detoxificados o activados por la FOM provocando resistencia a estos productos al activarlos lentamente y ser metabolizados antes de llegar al sitio de acción. Rodríguez (1983) y Wilkinson (1983) por su parte añaden que a pesar de

que los insecticidas fosforados y carbamatos poseen similar modo de acción y que en ambos grupos es el principal mecanismo detoxificante, los más afectados por la FOM son los carbamatos al igual que los piretroides y las piretrinas así como diversos organoclorados. Plapp y Wang (1983) desde el punto de vista genético hicieron referencia de que todos los mecanismos de resistencia a fosforados y carbamatos son controlados por genes sencillos semidominantes en herencia y que confieren altos niveles de detoxificación los cuales pueden ser bloqueados mediante el uso de sinergistas. Indicando que al menos en mosca doméstica, los genes oxidativos inducen resistencia metabólica a carbamatos, en tanto que los genes oxidativos y no oxidativos son de igual importancia en los fosforados.

GHS-S-Transferasa (GSHT)

Este grupo enzimático conocido también como glutatión S-transferasa, según Motoyama y Dauterman (1974), es responsable de detoxificación y xenobióticos en invertebrados y vertebrados y probablemente sea el más importante en el metabolismo dimetílicos unidos al fósforo lo que da origen a productos de menos toxicidad o más hidrosolubles facilitándose su excreción como derivados del ácido mercaptúrico: el S-aril, S-aralquil, S-alqueno, y el S-epóxido transferasa también pertenecen al complejo

enzimático. Demostraron experimentalmente que la actividad de estos grupos es influenciada por el pH, temperatura y tejido en el que se encuentre, ubicándose en la fracción soluble de la célula donde su actividad se ve incrementada por la adición de glutatión principalmente sobre el grupo metil.

Cohen (1978) enunció que la degradación del azinfos metil se debe a la conjugación del grupo S-alquiltransferasa con la fracción O-alquil, variando en intensidad de mayor a menor en el cuerpo graso, músculos, cutícula, intestino y en hemolinfa del insecto.

La GSHT, al parecer es exclusiva para los insecticidas fosforados, especialmente en aquellos que poseen cadenas alifáticas cortas metil-etil (Rodríguez, 1983).

Si se toma en cuenta que la FOM, las DDT-dehidroclorinasa y las GSHT son inducidas por el fenobarbital, es posible que tales mecanismos estén regulados en común por un mismo mecanismo genético, por lo que la actividad de uno puede inducir la presencia de cualquiera de las otras dos; la inducción de altos niveles de GSHT genéticamente esta controlado por el gene g, en el cromosoma II en líneas resistentes de mosca casera (Plapp, 1976).

Esterasas

Se han detectado solo dos enzimas de este tipo como responsables de la resistencia de algunos insectos. Conociéndoseles a su vez como carboxil-esterasas y fosfatasas. Las fosfatasas son exclusivas para el grupo de los fosforados y frecuentemente origina productos metabólicos hidrolizados similares a los generados por fosforados siendo necesario el uso de sinergistas específicos para determinar la identidad correcta de dicho mecanismo presente en el microsoma del insecto ya que la inferencia de los mecanismos responsables se dificulta (Motoyama y Dauterman, 1974). La actividad enzimática de las fosfatasas en la mosca casera es regida por los alelos de un solo gene semidominante en el cromosoma II (Plapp, 1976).

Dauterman (1983) determinó que es poco común la degradación de insecticidas fosfatados por hidrolazas, ya que se limitan a pocas especies y plaguicidas entre los que sobresalen la mosca casera a los insecticidas malatión, diazinón y paratión metílico.

Se ha detectado otra esterasa llamada DFP-asa Rodríguez (1983) que degrada dietilfosfatos y fosfotioatos y que es estimulada por Mn y Cu. La paraoxonasa también es una enzima soluble que es estimulada por el Mn.

La carboxilesterasa es un mecanismo de resistencia exclusivo de los organofosforados, especialmente del malaoxón fenotioato y del malatión, por tener grupos carboxiléster a los cuales hidroliza, esta reacción fue localizada a nivel mitocondria, microsoma, y núcleo celular (Motoyama y Dauterman, 1974).

Acetil colinesterasa insensible (ACEin)

La primera evidencia establecida por Iwata y Hamma (1972) de la ACEin como un mecanismo que confiere resistencia a insecticidas fosforados como malaxón, malatión y paratión metílico, y algunos carbamatos como el carbaryl, propoxur; señalan que no es el principal mecanismo de resistencia en fosforados pero que coexiste con otros que también la confieren. Voss (1980) en un trabajo similar indicó que la causante de la resistencia por ACEin en fosforados y carbamatos posiblemente se debiera a un cambio estructural en la enzima inhibidora, manifestándose este mecanismo en lepidópteros con la misma intensidad que la mosca casera.

En cepas resistentes, mencionadas por Plapp (1976), la ACE alterada muestra baja actividad por hidrolizar acetil colina posiblemente por una disminución entre su afinidad y que este mecanismo de resistencia en carbamatos y es controlado por un solo gene parcialmente dominante presente

en el cromosoma II.

Hamma (1983) experimentalmente demostró que la actividad de la ACEin varía de acuerdo a la especie e insecticida aplicado, haciéndole suponer que más de un tipo de ACEin estaba involucrado confiriendo resistencia diferencial a carbamatos y fosforados. Añade que en la actualidad existen al menos cinco formas distintas de ACE normal como de la alterada, de las cuales no necesariamente todas deben ser modificadas para que el individuo muestre resistencia. Al respecto, Devonshire Moores (1984) indican que en la mosca casera pueden presentarse al menos cuatro formas distintas de ACE, una susceptible y tres insensibles e insecticidas inhibidores, siendo necesario para su caracterización bioquímica el aislamiento de este mecanismo en estado homocigoto.

Penetración Reducida

Se ha comprobado que la penetración reducida del tóxico a través del integumento del insecto, le atribuye cierto grado de resistencia al permitir que el tóxico quede expuesto por más tiempo a los complejos enzimáticos detoxificantes, llegando solo cantidades subletales al sitio de acción, también la PR comúnmente interactúa con otros mecanismos de resistencia, lo que permite la manifestación de

resistencia cruzada, tal es el caso del DDT en especies resistentes a diazinón; siendo posible tal fenómeno en carbamatos, piretrinas, fosforados y organoclorados, grupos toxicológicos donde cada vez es más común la penetración reducida (Vinson y Law, 1971).

La penetración reducida en productos como el paratión y las organotinas está regulada en la mosca casera por el gen "organotín" "R" conocido como el símbolo mutante "tin" en el cromosoma III, que es un intensificador de la resistencia cuando se encuentra combinado con otros genes de resistencia y que la confieren a insecticidas como el dieldrín, fosforados y el DDT a través de diferentes mecanismos como la GSHT o FOM, ya que la penetración reducida por si sola es un mecanismo de importancia secundaria (Plapp, 1976; Matsumara, 1983).

Resistencia al Derribo (Kdr)

Este factor Kdr es conocido además como "sitio de acción insensible" el cual se le considera responsable de la mayoría de los casos en que se reporta resistencia a piretroides y en forma cruzada al DDT, compartiendo en gran medida este mecanismo de resistencia imposible de sinergizar. Se ha determinado que los genes responsables de la resistencia a piretroides y DDT por Kdr, son recesivos y

localizados en el cromosoma III, probablemente alélicos al menos muy semejantes, siendo posible la disminución de la resistencia cruzada entre piretroides y organofosforados, especialmente si la FOM esta involucrada (Plapp, 1976; Scott y Georghiou, 1986).

Al respecto Scott y Georghiou (1986) establecen en mosca doméstica que la FOM es el principal mecanismo detoxificante y en forma secundaria el factor Kdr y la penetración reducida en caso de la permetrina y otros piretroides.

Miller y Adams (1982) citaron, que los piretroides pueden ser fácilmente degradados por medios enzimáticos, que en la mayoría de los casos son de carácter secundario a pesar de que su presencia induce incremento de los niveles de resistencia como en el caso de la penetración reducida, la que se localizó como intensificador del factor Kdr en la mosca doméstica al que llamaron "super-Kdr".

Manejo de la Resistencia de Insectos a Insecticidas

La manifestación de resistencia de un elevado número de artrópodos, mencionados por Georghiou (1983), se ha determinado de que esta dado por un rango extenso de características genéticas, biológicas, de manejo y

etológicas, que determinan el grado de selección en una situación ecológica dada y en consecuencia diversos grados de evolución. De los anteriores los únicos que están bajo el control del hombre son los factores de manejo que pueden ser manipulados dependiendo del riesgo para la resistencia que revelan los factores fisiológicos y genéticos al manejo integrado de plagas (MIP), en base a lo anterior es el camino más variable para retardar o prevenir la resistencia, debiendo incluir estrategias para que se reduzca el uso de plaguicidas y por ende, el desarrollo evolutivo de dicha resistencia.

Las medidas para el manejo de la resistencia se conocen bajo tres categorías principales que son: Manejo por moderación, por saturación y por ataque múltiple.

Manejo por moderación. Lograda mediante el uso de bajas dosis de insecticidas que permiten la existencia de individuos con genes susceptibles en una población, siendo un valioso recurso que debe ser conservado. La aplicación de bajas dosis que pueden matar a los individuos Ss tales como la DL_{90} o menos, son suficientes para que la susceptibilidad de la población se mantenga, también la aplicación de insecticidas en base a umbrales económicos altos, permite menos aplicaciones, también una menor presión de selección logra una cobertura casi total de la población (Georghiou,

1983).

Manejo de Saturación. Este término, indicado por Georghiou (1983) es utilizado en cultivos de alto valor donde el daño por plagas debe ser mínimo, lo cual se logra con aplicaciones frecuentes y altas dosificaciones de insecticidas, esto implica la saturación del medio ambiente, pero sí de los mecanismos de defensa del insecto mediante dosis que pueden superar la resistencia, esto puede incluir el manejo de genes resistentes funcionalmente recesivos y el uso de sinergistas específicos.

Manejo por Ataque Múltiple. En término ataque múltiple, mencionado por Georghiou (1983) se refiere a la aplicación de químicos multidireccionales en la presión de selección a corto y largo plazo, artificialmente esto se puede lograr mediante el uso de mezclas y de la rotación alterna de los insectos órgano-sintéticos actuales.

Rotación Alterna de Insecticidas. Cremlyn (1982) nos indica que el término rotacional como un medio anti-resistencia, asume que los individuos pueden ser resistentes a un producto químico, pero susceptible a otro y que posiblemente exista una regresión de la resistencia si los productos son rotados cuando no es lograda aún la homocigosis completa con respecto a genes resistentes. De esta manera la

alternancia de productos químicos consiste en determinar la secuencia óptima para su uso así como el cambio que debe hacerse en cada etapa, tomando en cuenta si los productos involucrados recíprocamente muestran resistencia cruzada.

La rotación alterna de insecticidas es un medio práctico para tratar con el amplio problema de la resistencia, el cual consiste en mantener una revisión cuidadosa de la susceptibilidad de las poblaciones de insectos plaga, de esta forma cuando parece ser que una cantidad apreciable de resistencia ha resultado por el uso de una sustancia química dada, puede ser reemplazada por un producto de diferente grupo (Metcalf y Flint, 1981).

Georghiou (1983) determinó que la velocidad y grado de expresión de la resistencia parecen estar en función del gen que la confiere, y el retorno a la susceptibilidad es mayor entre más tiempo pase antes de volver a utilizar un determinado insecticida.

El uso de secuencias rotacionales de productos químicos pueden ser costosas e imprácticas, por lo que una buena alternativa es el establecimiento de un modelo rotacional de grupos toxicológicos tomando en cuenta las consideraciones siguientes (Rodríguez, 1983).

- a. Seleccionar insecticidas que no presenten resistencia positiva cruzada.
- b. No incrementar las dosis ni el número de aplicaciones de agroquímicos, evitando así el incremento de la presión de selección.
- c. Realizar aplicaciones aisladas con diferentes productos químicos evitando así las aplicaciones totales con un mismo producto.
- d. No realizar aplicaciones por debajo del umbral económico.
- e. Hacer uso de mezcla sólo cuando el complejo de plagas así lo amerite.
- f. No usar un solo insecticida por un prolongado tiempo.
- g. Emplear en lo posible insecticidas poco residuales.
- h. El control químico debe de contemplarse dentro de un manejo integrado de plagas.

Bujanos y Lagunes (1985) contemplan lo anterior indicando que

para hacer frente al problema de la resistencia, es necesario detectarla a tiempo, y no se debe esperar a que se manifieste a niveles peligrosos para tomar decisiones al respecto; mencionan que el muestreo o seguimiento periódico del estado susceptible de las poblaciones plaga, es lo adecuado.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante el ciclo productivo de 1989-1990 del cultivo de la papa en diferentes áreas paperas de México como son: la región de Derramadero, Coah; Navidad, N.L.; León, Gto.; Los Mochis, Sin., y Perote, Veracruz, de donde se colectaron larvas de 4º estadio las que sometieron a bioensayos con dos insecticidas fosforados; cuyos resultados fueron contrastados con una línea susceptible a insecticidas de palomilla de la papa que por 28 generaciones se ha mantenido sin contacto con insecticidas en el laboratorio del Departamento de Parasitología de esta Universidad.

La fecha de la visita. Cada región papera aparece en el Cuadro 3.1, cabe señalar que los bioensayos objeto del presente estudio se realizaron en dichas áreas hacia donde se llevó el material necesario para correr los ensayos.

La colecta de las larvas de 4º estadio fue directa en el campo, en el follaje, de plantas de papas aquellos que manifestaron mayor vigorosidad y con una longitud de 8 a 10 mm y que presentaron una coloración rosada.

La técnica de la película residual descrita por Plaff (1971), se utilizó para la realización de este trabajo, la cual consiste en verter 1 ml de acetona con la dilución

correspondiente de tóxico en ppm dentro de cada frasco de vidrio transparente tipo gerber de 110 ml de capacidad y rodarlo de tal manera que el solvente se evapore y quede impregnado por completo del ingrediente activo, una vez que el solvente se hubo evaporado se depositaron de 20 a 40 larvas con ayuda de pinzas de disección dependiendo de su abundancia, colocándose por último un trozo de tela en la boca del mismo, sujeta por una banda de caucho, las larvas se distribuyeron en cuatro frascos con la misma dilución para facilitar las observaciones al cuantificar la mortalidad una vez puesta la larva en contacto con el tóxico se le mantuvo a una temperatura de 26 ± 2 °C con un fotoperíodo diario de 12 horas con luz artificial y humedad relativa al ambiente. Los datos de mortalidad se tomaron a las 24 horas después. El criterio de muerte adoptado para considerar muerta una larva a causa del insecticida fue que exhibiera mínima movilidad al ser tocadas con una aguja de disección, permanecieron postradas de lado sin poder levantarse y en ocasiones marcada reducción del tamaño de la larva. Cada frasco fue clasificado con la ayuda de una etiqueta engomada en la cual se anotaron la fecha, insecticida, repetición, dosis y número de larvas por frasco, para facilitar la toma de datos.

Los insecticidas utilizados fueron: metamidofos cuyo nombre químico es O, S-dimetil fosforoamidotoato, producto de

acción de contacto, estomacal y sistémica, y el paratión metílico, cuyo nombre químico es 0,0-dimetil-O-P-nitrofeniltiofosfato, compuesto de acción de contacto y estomacal. Las diluciones empleadas en ppm se obtuvieron a partir de una solución madre de 1000 ppm en ambos insecticidas, diluciones obtenidas de material técnico, utilizando para ello pipetas de 0.1, 5 y 10 mm para los bioensayos preliminares y el final dentro del rango de mortalidad elegido; las diluciones utilizadas por producto y región se marcan en el Cuadro 3.2, cada dilución fue depositada en un frasco de 35 ml de capacidad de color ámbar con tapón hermético, cubierto con papel aluminio y etiquetado tanto el frasco como el papel aluminio para posteriormente mantenerlos a una temperatura de 8 a 10 °C, cuando se requería de ellos, para evitar degradaciones del producto por efecto de la luz solar y altas temperaturas.

El rango de respuesta de *P. operculella* a los tóxicos estuvo comprendido entre las dosis que originaron un mínimo de 10 por ciento y un máximo de 90 por ciento de mortalidad y así poder medir con mayor exactitud la respuesta del insecto al tóxico en el análisis estadístico.

Los datos de mortalidad obtenidos, se corrigieron mediante la fórmula de Abbott (1925), solo ante la presencia de mortalidad en el testigo, para posteriormente ser

analizada estadísticamente sin tomar en cuenta las que originen el 0 y 100 por ciento de mortalidad, mediante la transformación probit (Finney, 1971), cuyos parámetros se estimaron por el método de máxima verosimilitud descrito por Infante y Calderón (1980).

Se estimó asimismo los límites fiduciales o bandas de confianza con una probabilidad del 0.95, con los cuales se determinaron las desviaciones de los puntos obtenidos alrededor de la recta estimada y con ello una idea del error al azar del método estadístico utilizado (Infante y Calderón, 1980).

Posteriormente, los resultados obtenidos en los bioensayos fueron representados gráficamente en papel logaritmo-probit para obtener las líneas de respuesta dosis-mortalidad correspondientes.

La estimación de veces más resistencia que se presentó con cada población se realizó en comparación a la línea susceptible de laboratorio aplicando la siguiente fórmula:

$$PR = \frac{CL_{50}}{CL_{50} \text{ (Susceptible)}}$$

Cuadro 3.1 Fechas de colecta de larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella* y de corrimientos de bioensayos con paratión metílico y metamidofos.

Localidad	Fecha
F ₂₈ (Laboratorio)	Mayo, 1989
Navidad, N.L.	Agosto, 1989
Derramadero, Coah.	Septiembre, 1989
Perote, Ver.	Abril, 1990
Mochis, Sin.	Abril, 1990
León, Gto.	Junio, 1990

Cuadro 3.2 Diluciones en ppm empleadas para la obtención de las líneas de respuesta dosis-mortalidad en larvas de *Phthorimaea operculella*.

D O S I S (ppm)	F28		Derramadero		Navidad		Mochis		León		Perote	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
5		*		*		*		*				*
10		*		*		*		*				*
20		*		*		*		*				*
30		*		*		*		*				*
40		*		*		*		*				*
50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
60		*		*		*		*				*
70	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
200	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
250	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
300		*		*		*		*				*
350		*		*		*		*				*

p: paratión metílico
m: metamidofos

RESULTADOS Y DISCUSION

Con la finalidad de establecer una secuencia en la presentación de este capítulo primero se hará referencia a metamidofos y posteriormente a paratión metílico en relación a la respuesta de las larvas de *P. operculella*, procedente de Derramadero, Coah.; Navidad, N.L.; Los Mochis, Sin; León, Gto.; Perote, Ver. y su contraste con la F₂₈ (procedente de laboratorio). Presentándose por último una discusión general para señalar algunos aspectos interesantes que les atañe.

En general en el caso de metamidofos la mortalidad total se obtuvo con dosis de 100 ppm a excepción de las localidades de Derramadero, Coah. y Perote, Ver., en donde dicha mortalidad se obtuvo a la dosis de 70 ppm por lo que en la línea susceptible se alcanzó a 60 ppm (Cuadros A.7. - A.12. del Apéndice).

En el Cuadro 4.1 se presentan los resultados de la CL₅₀ del metamidofos en larvas de *P. operculella* observando que el menor valor corresponde a la línea susceptible como era de esperarse y en poblaciones de campo con valores muy semejantes se tienen las de Derramadero que estadísticamente son iguales ya que los límites fiduciales presentan traslapes entre sí; en tanto que las poblaciones de Navidad tiende a ser diferentes aunque existe un ligero traslape y se considera igual a la línea susceptible. Siendo las

poblaciones de Perote, León y Mochis las que son diferentes estadísticamente de la línea susceptible; presentando traslape entre las poblaciones de Perote con la de León y ésta a su vez con la de Mochis. Por lo que al existir traslape se consideran iguales entre sí. En el Cuadro 4.2 se nota además que la población de Mochis es la única que alcanza valores de resistencia 2.15 X aunque esta es ligera y la de León tiende hacia ello ya que su valor es de 1.87 X.

Por lo que respecta a la CL_{95} en el Cuadro 4.1 se observa que los valores entre las diversas poblaciones tienden a ser muy parecidas entre sí ya que varían de 120.9 a 196.3 ppm y en general diferentes de la que presenta la línea de laboratorio con 123,3 ppm. Y son las poblaciones de Navidad y Derramadero las que presentan los mayores niveles de resistencia al metamidofos, ya que al observar el Cuadro 4.2 se observa que se tienen valores de 1.40X y 1.59X respectivamente.

Lo anterior se debe por un lado al excesivo número de aplicaciones principalmente con este insecticida como lo manifestaron productores de dichas regiones siendo la práctica de rotación de insecticidas poco frecuentada prefiriéndose el uso de este mismo producto por largo tiempo. Por otro lado en el caso de Navidad y Derramadero durante el

Cuadro 4.1. Concentraciones letales obtenidas en larvas de 4º de *P. operculella* con metamidofos.

LOCALIDAD	ppm		
	CL ₅₀	(lf 95%)*	CL ₉₅
F ₂₈ (Testigo)	14.50	(12.32-16.74)	123.36
Derramadero, Coah.	19.02	(16.28-21.90)	196.38
Navidad, N.L.	19.28	(16.68-21.95)	172.96
Perote, Ver.	23.42	(21.02-25.99)	120.93
León, Gto.	27.20	(24.56-29.98)	140.04
Mochis, Sin.	31.16	(28.55-33.90)	123.07

* Límites fiduciales

Cuadro 4.2. Valores proporcionales de susceptibilidad en larvas de 4º estadio de *P. operculella* con metamidofos.

LOCALIDAD	+ resistencia*	
	CL ₅₀	CL ₉₅
Derramadero, Coah.	1.31X	1.59X
Navidad, N.L.	1.33X	1.40X
Perote, Ver.	1.61X	0.98X
León, Gto.	1.87X	1.13X
Mochis, Sin.	2.15X	0.99X

* En comparación a la F₂₈ de laboratorio.

tiempo del estudio es debido a su baja expresión de resistencia ya que las larvas que se tomaron para los ensayos provenían de áreas de papas voluntarias que no estaban expuestas a insecticidas al menos por un año ya que en las plantas de papa cultivadas el número de larvas fue demasiado pobre por el excesivo número de aplicaciones que en forma programada se realizan.

Por lo que respecta a la pendiente de las líneas de respuesta dosis-mortalidad que se observan en la Figura 1 se nota que existe traslape en lo general lo que indica la heterogeneidad en las poblaciones. Observándose en las líneas de Navidad y Derramadero como tienden a separarse hacia la derecha del resto de las poblaciones, señal de una mayor resistencia al metamidofos por parte de las larvas de palomilla de la papa, lo cual precisa que en estas regiones paperas el manejo de los insecticidas tiene que ser mejor para reducir la presión de selección y evitar que se continúe obligando a que las poblaciones tiendan a generar mayor resistencia.

Con respecto a la toxicidad a paratión metílico de *P. operculella*, en el Cuadro A.1 se observa que en las localidades que fueron objeto de estudio la mortalidad se inició a 50 ppm, obteniéndose la mortalidad total en 400 ppm, excepto en Perote, Ver., Mochis, Sin. y Derramadero, Coah.,

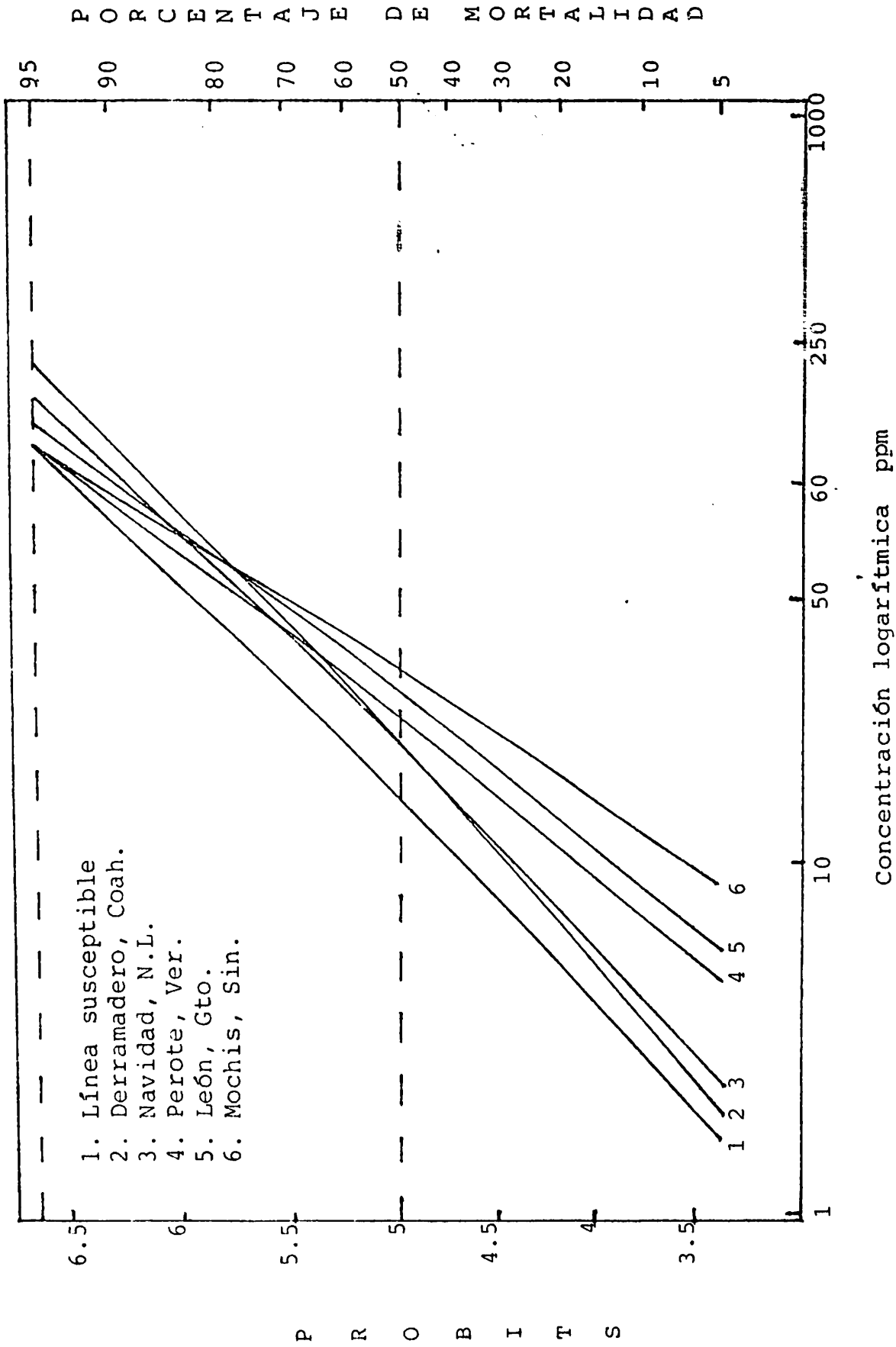


Figura 4.1 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 4° estadio de Phthorimaea operculella de distintas localidades al metamidofos

en donde la mortalidad se obtuvo a la dosis de 350 ppm por lo que en la línea susceptible se alcanzó a 300 ppm (Cuadros 7 - 12 del Apéndice). Lo que implica que de este insecticida se requieren cantidades mucho mayores para lograr los mismos niveles de mortalidad que el nivel CL_{50} .

En el Cuadro 4.3 donde se incluyen los resultados de las poblaciones provenientes de diversas áreas aún cuando estos valores son mayores estadísticamente son iguales con las poblaciones de Derramadero y Perote ya que los límites fiduciales presentan traslapes entre sí; en tanto que las poblaciones de Mochis, Navidad y León son diferentes estadísticamente de la línea susceptible; presentando traslape entre las poblaciones de Mochis con la de Navidad y ésta a su vez con la de León. En el Cuadro 4.4 se nota que la población de León es la única que alcanza valores de mayor tolerancia 1.52X lo que indica que en base a la línea susceptible no se tiene resistencia a este insecticida, en tanto que en el resto de las áreas en estudio sus valores son muy bajos.

En caso de la CL_{50} se observa que los valores de las distintas poblaciones tiende a ser parecidas entre sí ya que varían de 431.3 a 559 ppm en tanto que en la F_{28} el valor es de 519.1 ppm (Cuadro 4.3), al parecer las diferencias son altas, pero en veces \pm resistencia solo representa un 1.8X

Cuadro 4.3. Concentraciones letales obtenidas en larvas de 4º estadio de *P. operculella* con paratió metílico.

LOCALIDAD	ppm		CL ₉₅
	CL ₅₀	(lf 95%)*	
F ₂₈ (Testigo)	119.93	(107.03-133.24)	519.14
Derramadero, Coah.	127.71	(116.24-139.11)	436.31
Navidad, N.L.	161.35	(150.20-172.44)	431.00
Perote, Ver.	138.09	(125.31-151.13)	529.75
León, Gto.	182.51	(169.42-196.13)	559.81
Mochis, Sin.	147.16	(135.26-159.36)	469.70

* Límites fiduciales.

Cuadro 4.4. Valores proporcionales de susceptibilidad en larvas de 4º estadio de *P. operculella* con paratió metílico.

LOCALIDAD	± resistencia *	
	CL ₅₀	CL ₉₅
Derramadero, Coah.	1.06X	0.84X
Navidad, N.L.	1.34X	0.83X
Perote, Ver.	1.15	1.02X
León, Gto.	1.52X	1.08X
Mochis, Sin.	1.23X	0.90X

* En comparación a la F₂₈ de Laboratorio.

con población de León, que son la población de palomilla de la papa que más alto valor registró (Cuadro 4.4). Lo cual es un área donde se han realizado alta cantidad de aplicaciones de este producto, lo interesante es que en el caso del área de Navidad y Derramadero, las larvas se colectaron en lugares de papas voluntarias donde las larvas no estuvieron expuestas a insecticidas. Además en cuanto a los valores proporcionales de resistencia en este insecticida en comparación al metamidofos esta influenciado en que es un producto con menos intensidad de uso en las localidades en estudio.

En cuanto a las líneas de regresión dosis-mortalidad para el paratió metílico, en la Figura 4.2 se observa de nuevo que existe traslape en lo general lo que indica la homogeneidad en las poblaciones. Observándose en las líneas de Perote y León como tienden a separarse hacia la derecha del resto de las poblaciones señal de una mayor tolerancia al paratió metílico por parte de las larvas de palomilla de la papa, lo cual precisa que en estas regiones el manejo de insecticidas tiene que ser mejor para evitar la presión de selección a este insecticida en particular.

Por otro lado las ecuaciones de predicción se incluyen en el Cuadro A.13. del Apéndice. Por lo que respecta a los valores del coeficiente de determinación

(Cuadro A.14.) en todas las regiones para estos dos insecticidas manifiestan valores altos lo que implica un alto grado de confianza tendiendo los puntos a la línea perfecta. En lo que corresponde a la chi- cuadrada (χ^2) o probabilidad de ocurrencia del evento de nuevo se observa que presenta valores cuya probabilidad (P) es muy alto ya que son mayores del 99 por ciento (Cuadro A.14. del Apéndice).

Discusión General

De acuerdo a lo anterior en general se aprecia que los niveles de resistencia en comparación a la línea susceptible proveniente de Navidad, N.L., y mantenida durante 28 generaciones sin exponerse a tóxico alguno, sobre todo en el caso de paratión metílico y en menor grado de metamidofos, no es muy alta ya que el primer producto no llega a 2X en tanto que el segundo apenas si la sobrepasa y además de que las pendientes de las líneas dosis-mortalidad reflejan una alta heterogeneidad por lo que si bien en muchas de estas regiones se abusa del uso de los insecticidas por aplicarlos en forma programada, el desarrollo de la resistencia no ha sido muy fuerte quizá influenciado por la presencia de áreas de papas voluntarias que actúan para amortiguar para diluir la presión de selección que se pudiera estar generando por las aplicaciones de insecticidas.

Sin embargo en las áreas de León, Gto., y Mochis, Sin., se considera que se debe prestar más atención al uso de metamidofos ya que en estos lugares la palomilla de la papa ya manifiesta resistencia aunque en niveles ligeros que de no atenderse a tiempo pudiera causar a futuro problemas, por lo que se sugiere desde el punto de vista de manejo químico una mayor rotación de insecticidas convencionales y no convencionales como reguladores del crecimiento; y desde el punto de vista de manejo integrado de plagas incluir otras medidas de combate que permitan un menor número de aplicaciones como es el uso de umbrales económicos y sistemas de predicción para toma de decisión de cuando aplicar un insecticida, etc. En cuanto al paratió metílico aún cuando los niveles de resistencia en comparación a la susceptible fueron muy bajos, se sugiere se apliquen los mismos criterios que el caso del metamidofos para cuidar que estos productos que por muchos años han sido eficientes y relativamente baratos se sigan utilizando.

Se recomienda además realizar estudios toxicológicos de las poblaciones de campo de estas áreas contrastándolas con los datos aquí obtenidos para verificar o monitorear si los niveles de susceptibilidad a los insecticidas aumentan o disminuyen a través del tiempo para cuidar el desarrollo de la resistencia.

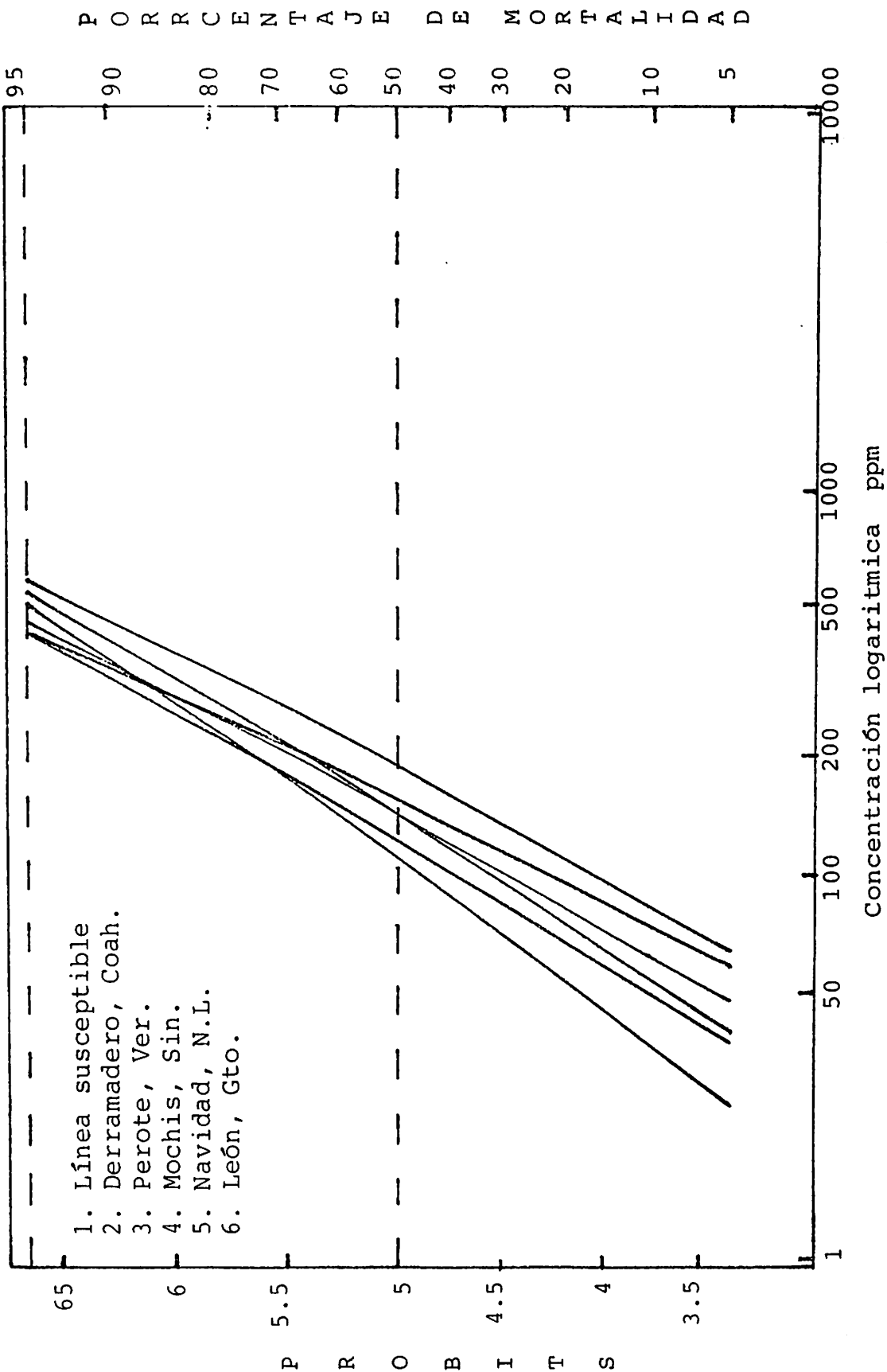


Figura 4.2 Líneas de respuesta dosis-mortalidad de larvas de 4° estadio de Phthorimaea operculella de distintas localidades al paratión metflíco.

CONCLUSIONES

En larvas de *P. operculella* No se observa en ninguna de las áreas de estudio un fuerte desarrollo de resistencia a los fosforados pero:

- A). En las regiones de León, Gto., y Mochis, Sin., se manifiesta la mayor pérdida de susceptibilidad al metamidofos con 1.87X y 2.15X respectivamente con dosis de 31.16 ppm.

- B). En caso de paratión metílico se observa la mayor pérdida de susceptibilidad en la región de León (1.57X), aunque se requieren dosis mayores 180 ppm para lograr el CL₅₀.

RESUMEN

Se realizaron bioensayos con la finalidad de generar los primeros datos toxicológicos dosis-mortalidad de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller,) para varias regiones de México; efectuados directamente en el campo y contrastado con la población susceptible de laboratorio, como testigo correspondiente. Para determinar la susceptibilidad por regiones a dos fosforados de uso común.

Se colectaron larvas en cultivos de papa de Derramadero, Coah., Navidad, N.L., Perote, Ver., Mochis, Sin., y León, Gto., sometidas a presión de selección con insecticidas para comparar su respuesta con aquellas procedentes del laboratorio mantenidas por 28 generaciones sin presión de selección. Por otro lado en el caso de Navidad y Derramadero, durante el tiempo de estudio las larvas que se tomaron para los ensayos provenían de áreas de papas voluntarias que no estaban expuestas a insecticidas al menos por un año ya que el número de larvas en plantas cultivadas fue muy pobre por el excesivo número de aplicaciones que se realizan. Los bioensayos se realizaron con larvas de una longitud de 8 - 10 mm, (4º estadio) expuestas al tóxico, en grado técnico, mediante la técnica de película residual, efectuados los tratamientos las larvas fueron depositadas en frascos de 110 ml y mantenidas a una

temperatura de 26 ± 2 °C a un fotoperíodo diario de 12 horas, con luz artificial y humedad relativa ambiente. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones con diferente número de larvas y un testigo común para cada insecticida; los datos de mortalidad fueron obtenidos a las 24 horas de exposición, siendo analizado mediante transformación probit, cuyos parámetros estadísticos fueron estimados por el método de Máxima Verosimilitud.

Para los dos insecticidas se determinaron las líneas de respuesta dosis-mortalidad para obtener las DL_{50} y DL_{95} de cada población muestreada. Mediante los resultados obtenidos, se encontró que las poblaciones procedentes de las regiones analizadas manifestaron mayor tolerancia en comparación con la F_{28} , así tenemos que al nivel de CL_{95} al metamidofos las poblaciones de Navidad, N.L., y Derramadero, Coah., mostraron la mayor tolerancia con 1.4X y 1.59X con 172.9 ppm y 196.3 ppm respectivamente. En el nivel de CL_{50} las poblaciones tolerantes fueron las de León, Gto. y Mochis, Sin., con 1.87X y 2.15X con 27.2 ppm y 31.1 ppm respectivamente.

En el caso del paratión metílico se manifestó la mayor tolerancia a nivel CL_{95} en la población de León, Gto., con 1.08X, 559.7 ppm. En el nivel de CL_{50} fueron las poblaciones de Navidad, N.L. y León Gto. con 1.34X y 152X con

161.3 ppm y 182.5 ppm respectivamente. Debido al comportamiento anterior la susceptibilidad observada en dichas localidades fue catalogada como baja tolerante, quedando clara la tendencia evolutiva hacia formas más tolerantes.

Analizados los resultados del presente estudio y los citados por algunos autores, se sugiere la rotación de insecticidas organofosforados, con piretroides y carbamatos, así como con reguladores de crecimiento etc., como una alternativa para restaurar los niveles de susceptibilidad. Se sugiere además la realización de estudios toxicológicos en campo y laboratorio a intervalos de tiempo razonables dentro del control integrado de plagas en el cultivo de la papa.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ Entomol.* 18:265-267.
- Alva, W. J. 1976. Resistencia cruzada a varios tipos de insecticidas después de producir resistencia a Paratión Metílico en *Spodoptera exigua* H. (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis Maestría. Esc. Sup. de Agric. de Chapingo. Colegio de posgraduados, Chapingo, México, 96 p.
- Bianchini, F. 1974. Frutos de la Tierra. Ed. AEDOS. España. 224 p.
- Bonnemaïson, L. 1976. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. 2ª. ed. Edit/OIKOS-TAV. 335-337 pp.
- Borja, G. A. 1981. Principales plagas de la papa. Secretaría de Recursos Hidráulicos. D.G.S.V. México. 12-45 pp.
- + Borrer, D. J., D. M. de Long and C. A. Triplehorn., 1989. An Introduction to the study of insects. Fifth edition. CBS Collage Publishing. USA. 513 p.
- Brown, A. W. A. 1968. Insecticide resistance comes of age. *Bull Entomol. Soc. Amer.* 14:3-6.
- Bujanos M. R. y A. Lagunes T. 1985. Susceptibilidad e insecticidas en *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) del sur de Tamaulipas. *Agrociencia.* 57:127-143.
- Cepeda, S. M. y M. Guerra M. 1983. Revisión bibliográfica de nematodos asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. Boletín No. 13. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México, 26 p.
- Cohen, A. C. 1978. The role glutathione transferases in arthropod resistance. Course Report: Arthropod resistance to toxic agents. Univ. of California Riverside. USA. pp. 1-16.
- Cremlyn, R. J. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica 1ª. ed. Ed. LIMUSA. México. 335 p.
- Chen, J. S. and C. N. Sun., 1986. Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to a combination of

- fenvalerate and piperonyl butoxide. J. Econom. Entomol. 78 (1):22-30.
- Dauterman, W. C. 1983. Role of hydrolases and glutathione transferases in insecticide resistance. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York. USA. pp. 229-247.
 - Del angel, D. M. A. 1985. Monitoreo de adultos con feromonas y larvas de *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera Gelechiidae) para el pronóstico de aplicación de insecticidas, en Navidad, N.L. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah., México, 43 p.
 - Devonshire, A. L. and G. D. Moores. 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide resistant house flies (*Musca domestica*). Biochem. Physiol. 21:336-340.
 - Domínguez, R. R. 1986. Estados inmaduros de los insectos. Univ. Aut. de Chapingo. Chapingo, México. pp. 168-172.
 - Essing, E. O. 1958. Insect and mites of western North America. The Mc. Millan. 1029 p.
 - Finney, D. J. 1971 Probit analysis. 3th ed. Cambridge University. Prfess. London. 450 p.
 - Georghiou, G. P. 1983. Management of resistance in arthropods In: Georghiou, G. P. and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York. USA. 76:131-140.
 - Graves, J. B., J. S. Roussel, J. Gibbens and D. Patton. 1967. Laboratory studies on the development of resistance and cross resistance in the boll weevil. J. Econ. Entomol. 60(1):47-50.
 - Guerrero, R. E. y E. Aranda H. 1989. Presencia de resistencia a insecticidas en *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), en Navidad, N.L. y Arteaga, Coahuila, México. XXXII Convención Nacional de Entomología "J. E. Willie". Sociedad Entomológica del Perú. Lima, Perú. p. 452.
 - Gunther, F. A. and L. Jeppson. 1962. Insecticidas modernos y la producción mundial de alimentos. 3ª ed. Ed. CECSA. México. 293 p.

- Hamma, H. 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of acetylcholinesterase. In: Georghiou G. P. and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 299-331.
- Infante, G. S. y L. C. Calderón A. 1980. Manual del análisis Próbic. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 p.
- Iwata, T. and H. Hamma. 1972. Insensitivity of cholinesterase in *Nephotetti cincticeps* resistant to carbamate and organo phosphorus insecticides. J. Econ. Entomol. 63(3):643-644.
- Lagunes, T. A. 1982. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 120 p.
- Lagunes, T. A. y J. C. Rodríguez, M. 1985. Temas selectos del manejo de insecticidas agrícolas. Curso sobre el manejo racional de insecticidas dentro del control integrado. Soc. Mex. Entomol. Colegio de Postgraduados y Univ. Aut. de Chapingo. Chapingo, México. 187 p.
- Langford, G. S. and E. N. Cory. 1932. Observation on the potato tuber moth. J. Econ. Entomol. 25:625-634.
- Matsumara, F. 1983. Penetration, binding and target insensitivity as causes of resistance to chlorinated hydrocarbon insecticides. In: Georghiou, G. P. and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 367-386.
- Metcalf, C. L. and W. P. Flint. 1981. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4ª ed. Ed. LIMUSA. México, 1208 p.
- Miller, T. A. and M. E. Adams. 1982. Mode of action of pirethroids. Insecticide mode of action. Academic Press Inc. USA. pp. 3-27.
- Motoyama, N. and W. C. Dauterman. 1974. The role of monoxidative metabolism in organophosphorus resistance. J. Agr. Food. Chem. 22(3):350-356.
- Nakatsugawa, T., N. M. Toman and P. A. Dahm. 1969. Degradation of paration in the rat. Biochem. Pharmacol. 18:1103-1107.

- Padilla, A. R. y C. A., Ortega. 1963. Algunas observaciones sobre la biología y el combate de la palomilla de la papa *Gnorimoschema operculella* en el Bajío. Agricultura Técnica en México II (3):126-132 pp.
- Plapp, F. W. 1971. Insecticide resistance in *Heliothis*. Tolerance in larvae of *H. virescens* (Fab) as compared with *H. zea* (Booddie) to organophosphorus. J. Econ. Entomol. 64:999-1002.
- Plapp, F. W. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. Ann. Rev. Entomol. 21:176-177 pp.
- Plapp, F. W. Jr. and T. C. Wang. 1983. Genetic origins of insecticide resistance. In: Georghiou, G.P. and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Ed. Plenum Press. New York. USA. pp. 47-69.
- Rocha, R. R. y Salinas, G. J. 1984. Diseño de trampas con feromonas sexual para la captura de machos de la palomilla de la papa en la región de León, Gto. Memoria de la Mesa redonda sobre problemas Entomológicos en el Bajío XIX Congreso Nacional de Entomología. CONACYT-SARH. México.
- Rodríguez, M. J. C. 1983. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a los grupos toxicológicos: una base para su manejo racional. Univ. Aut. de Chapingo. Chapingo, México. 174 p.
- Rosas G. E. 1972. Determinación de la toxicidad de diez insecticidas a *Musca doméstica* Linné en aplicación tópica. Tesis Maestría. Inst. Téc. Est. Sup. de Monterrey. Monterrey, México. 121 p.
- Ross. H. H. 1973. Introducción a la Entomología General y Aplicada. 3ª Ed. OMEGA. España. 376-378 pp.
- Santoro, R. 1960. Entomología Agrícola Dominicana. Ed. La Nación. República Dominicana. 315-319 pp.
- Scott, J. G. and G. P. Georghiou. 1986 Mechanism responsables for high levels of permethrin resistance in the house fly. Pestic. Sci. 17:195-206.
- Vinson, S. B. and P. K. Law. 1971. Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworm. J. Econ. Entomol. 73-(2):189-192.
- Voss, G. 1980. Cholinesterase autoanalysis. A rapid method for biochemical studies on susceptible and resistant

insects. J. Econ. Entomol. 73(2):189-192.

- Wilkinson, C. F. 1983. Role of mixed-function oxidases in insecticides resistance. In: Georghiou, G. P. and T. Saito (Eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. pp. 175-205.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, de laboratorio (F₂₈).

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	40	9	22.5
100	40	14	35.0
150	40	21	52.5
200	40	29	72.5
250	40	35	87.5
300	40	40	100.00

Cuadro A.2. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Derramadero, Coah.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	40	6	15.0
100	40	13	32.5
150	40	21	52.5
200	40	29	72.5
250	40	34	85.0
300	40	36	88.0
350	40	40	100.0

Cuadro A.3. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en León, Gto.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	40	2	05.0
100	40	7	17.5
150	40	15	37.5
200	40	21	52.5
250	40	27	67.5
300	40	31	77.5
350	40	35	87.5
400	40	40	100.0

Cuadro A.4. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Mochis, Sin.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	24	3	12.50
100	24	5	20.83
150	24	10	41.67
200	24	17	70.83
250	24	19	79.17
300	24	21	87.50
350	24	24	100.00

Cuadro A.5. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Navidad, N.L.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	40	4	10.0
100	40	11	27.5
150	40	18	45.0
200	40	25	62.5
250	40	32	80.0
300	40	33	82.5
350	40	36	90.0
400	40	40	100.0

Cuadro A.6. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por paratión metílico en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Perote, Ver.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
50	24	4	16.67
100	24	7	29.16
150	24	11	45.83
200	24	14	58.33
250	24	19	79.17
300	24	22	91.67
350	24	24	100.00

Cuadro A.7. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, de laboratorio (F₂₈).

DOSIS (pp)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	40	11	27.5
10	40	15	37.5
20	40	19	47.5
30	40	27	67.5
40	40	33	82.5
50	40	36	90.0
60	40	40	100.0

Cuadro A.8. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Mochis, Sin.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	32	4	12.50
10	32	6	18.75
20	32	8	25.00
30	32	13	40.62
40	32	17	53.12
50	32	21	65.62
60	32	25	78.12
70	32	31	96.87
100	32	32	100.0

Cuadro A.9. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Perote, Ver.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDA POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	20	5	25
10	20	7	35
20	20	8	40
30	20	11	55
40	20	13	65
50	20	15	75
60	20	18	90
70	20	20	100

Cuadro A.10. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de *Phthorimaea operculella*, en Derramadero, Coah.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	40	9	22.5
10	40	13	32.5
20	40	17	42.5
30	40	25	62.5
40	40	27	67.5
50	40	30	75.0
60	40	35	87.5
70	40	40	100.0

Cuadro A.11. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en Navidad, N.L.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	40	7	17.5
10	40	15	37.5
20	40	19	47.5
30	40	22	55.0
40	40	27	67.5
50	40	28	70.0
60	40	33	82.5
70	40	38	95.0
100	40	40	100.0

Cuadro A.12. Concentración evaluada y número de individuos observados y muertos por metamidofos en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, en León, Gto.

DOSIS (ppm)	NUMERO DE INDIVIDUOS		% DE MORTALIDAD CORREGIDOS POR ABBOTT
	OBSERVADOS	MUERTOS	
5	40	5	12.5
10	40	11	27.5
20	40	16	40.0
30	40	19	47.5
40	40	23	57.5
50	40	28	70.0
60	40	32	80.0
70	40	36	90.0
100	40	40	100.0

Cuadro A.13. Ecuación de predicción de cada una de las líneas de regresión de dos insecticidas en áreas de México en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*.

L O C A L I D A D	ECUACION DE PREDICCION
Metamidofos	
F ₂₈ (Laboratorio)	Y = 2.944 + 1.769X
Perote, Ver.	Y = 1.839 + 2.307X
Derramadero, Coah.	Y = 2.924 + 1.622X
Navidad, N.L.	Y = 2.780 + 1.726X
León, Gto.	Y = 1.684 + 2.311X
Mochis, Sin.	Y = 0.881 + 2.757X
Paratión	
F ₂₈ (Laboratorio)	Y = -0.373 + 2.584
Perote, Ver.	Y = -0.028 + 2.817
Derramadero, Coah.	Y = -1.493 + 3.082
Navidad, N.L.	Y = -3.510 + 3.854
León, Gto.	Y = -2,641 + 3.379
Mochis, Sin.	Y = -2.074 + 3.263

Cuadro A.14. Areas de México de estudio en larvas de 4º estadio de *Phthorimaea operculella*, coeficiente de determinación, bondad de ajuste, grados de libertad y distribución de la chi-cuadrada.

LOCALIDAD	r^2	χ^2	GL	P
Metamidofos				
F ₂₈ (Laboratorio)	0.986	0.086	5	99.5
Derramadero, Coah.	0.974	0.080	6	99.5
Navidad, N.L.	0.958	0.152	7	99.5
Mochis, Sin.	0.991	0.445	7	99.5
León, Gto.	0.986	0.245	7	99.5
Perote, Ver.	0.991	0.554	6	99.5
Paratión metílico				
F ₂₈ Laboratorio	0.994	0.102	4	99.5
Derramadero, Coah.	0.970	0.055	5	99.5
Navidad, Coah.	0.958	0.116	6	99.5
Mochis, Sin.	0.960	0.116	5	99.5
León, Gto.	0.988	0.125	6	99.5
Perote, Ver.	0.955	0.134	5	99.5