

Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil

Franklin Morillo¹, Armando Notz²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Experimental del Estado Miranda. Zona postal 1246. Caucagua, Edo. Miranda. Venezuela. E-mail: fonaiapmiranda@cantv.net.

²Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Postgrado en Entomología. Apdo. 4579. Maracay, 2101-A. Edo. Aragua. Venezuela. E-mail: anotz@telcel.net.ve.

Resumen

MORILLO F, NOTZ A. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. Entomotropica Vol. 16(2):79-87.

Se evaluó la resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) a los insecticidas lambdacihalotrina y metomil (formulación de concentrado emulsionable), mediante la realización de bioensayos de susceptibilidad y presión de selección en poblaciones de laboratorio. También se evaluó la resistencia en las poblaciones de campo Valle de Tucutunemo (VT) y Arenales -Tocorón (AT), ambas del Edo. Aragua. Se utilizó el método de inmersión de larvas del tercer instar en 5,0 ml de soluciones de cada insecticida, durante 30 segundos. Se emplearon cinco concentraciones por cada insecticida, las cuales oscilaron entre 5,0-55,0 ppm y 280,0-1600,0 ppm para lambdacihalotrina y metomil, respectivamente. Adicionalmente, se evaluó la respuesta de un grupo de larvas (control) con agua destilada solamente. La presión de selección se realizó durante siete generaciones. La población seleccionada con lambdacihalotrina varió su razón de resistencia (RR_{50}) de 19,4 a 41,9 veces entre P_0 y F_7 , mientras que en la colonia seleccionada con metomil, la RR_{50} osciló de 3,1 veces en P_0 a 22,1 veces en F_7 . La RR_{50} para lambdacihalotrina en las colonias VT y AT fueron 62,0 y 65,7 respectivamente; para metomil se registró una RR_{50} de 10,6 y 3,8 en las respectivas colonias. Los altos niveles de resistencia obtenidos demuestran la necesidad de implementar estrategias de manejo de la resistencia en *S. frugiperda*.

Palabras clave adicionales: gusano cogollero del maíz, insecticidas, tolerancia.

Abstract

MORILLO F, NOTZ A. 2001. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) to lambdacyhalothrin and methomyl. Entomotropica Vol. 16(2):79-87.

Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Smith) to insecticides lambdacyhalothrin and methomyl (concentrated emulsifiable formulation) was evaluated in laboratory strains. The resistance was also evaluated in the Valle de Tucutunemo (VT) and Arenales -Tocorón (AT) field strains, both in Aragua State. The method consisted of immersion of a group of ten third instar larvae in 5.0 ml of solutions of each product, during 30 seconds was used. Five concentrations were used of each insecticide, which ranged from 5.0-55.0 ppm and 280.0-1600.0 ppm for lambdacyhalothrin and methomyl, respectively, and larvae group as a control in distilled water alone. Selection pressure was carried out during seven generations. The resistance ratio (RR_{50}) of the lambdacyhalothrin-selected strain varied from 19.4 to 41.9-fold between P_0 and F_7 , whereas in methomyl-selected strain the RR_{50} ranged from 3.1-fold in P_0 to 22.1-fold in F_7 . The RR_{50} for lambdacyhalothrin in the VT and AT field strains were 62.0 and 65.7 respectively; in methomyl the RR_{50} registered values of 10.6 and 3.8-fold in the respective strains. The high resistance levels obtained demonstrates the necessity to implement strategies of resistance management in *S. frugiperda*.

Additional key words: fall armyworm, insecticides, tolerance.

Introducción

La resistencia a insecticidas ha sido demostrada en varias especies de insectos plaga. La ocurrencia de este fenómeno está ampliamente expandida en las regiones agrícolas del mundo. Representa la respuesta a la prolongada exposición a insecticidas que actúa como una fuerza de selección, la cual concentra los distintos

factores genéticos preexistentes en diferentes organismos y que confieren resistencia (Plapp y Wang 1983). Para el año 1984 se reportan 504 especies de insectos y ácaros resistentes a plaguicidas (Georghiou 1986). Esta cifra incluye insectos nocivos a la agricultura o que están relacionados directa o

indirectamente con el hombre, contra los cuales ha sido dirigido el control químico.

Otro aspecto de gran importancia generado por la resistencia es el costo, tanto para el productor agrícola como para las empresas fabricantes de los plaguicidas. Generalmente, la primera reacción del agricultor cuando un insecticida pierde su efectividad es incrementar la dosis y frecuencia de aplicación, lo que trae como resultado el aumento del costo directo en el control de plagas (McPheron 1995), a la vez que tienden a incrementarse los niveles de resistencia. Por otro lado, el costo para la empresa de agroquímicos en el desarrollo de un plaguicida fue estimado en 1,2 millones de dólares en 1956, 20 millones en 1981 y cerca de 60 millones en 1995 (Georghiou 1986; MCPheron 1995), además el tiempo de síntesis y desarrollo de una molécula, hasta la comercialización de por lo menos un producto ocurre aproximadamente después de 8 a 10 años. Estos aspectos demuestran la importancia de medidas de manejo de la resistencia que alarguen la vida útil de los insecticidas y retrasen hasta donde sea posible el desarrollo de resistencia.

En Sur, Centro y Norteamérica se han registrado varias especies de insectos resistentes a diferentes grupos de insecticidas. En Venezuela, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) y *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) fueron reportados como resistentes a DDT y ciclodienos (Georghiou y Mellon 1983), productos con escasa comercialización actualmente en el país. Sin embargo, hasta la fecha, no se han documentado casos de resistencia a insecticidas de los grupos organofosforados, carbamatos o piretroides, debido a la escasez de las investigaciones en el país.

En EE.UU., también en 1983, se señaló a *S. frugiperda* con resistencia a insecticidas de todos los grupos químicos (DDT, ciclodienos, organofosforados, carbamatos y piretroides) (Georghiou y Mellon 1983). En México se realizó un monitoreo sistémico de resistencia en el gusano cogollero del maíz durante el período 1987-1990, estudio que señaló alta resistencia a insecticidas organofosforados (Pacheco-Covarrubias 1993). En 1991 aumentaron los casos documentados de resistencia en poblaciones de *S. frugiperda* provenientes de Gainesville, Florida (EE.UU.), poblaciones que mostraron niveles de resistencia moderados, a insecticidas pertenecientes a los principales grupos químicos (organofosforados, carbamatos y piretroides), como producto de la

enorme presión de selección a la que fue sometido el insecto en esa zona productora de maíz (Yu 1991).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la resistencia de *S. frugiperda*, plaga de importancia económica en cultivos como maíz y algodón, a los insecticidas lambda-cihalotrina (piretroide) y metomil (carbamato), empleando formulaciones comerciales sobre colonias de laboratorio sometidas a presión de selección y colonias de campo del insecto bajo estudio.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el insectario del Instituto de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, en condiciones ambientales, con promedios de temperatura y humedad relativa de $25,18 \pm 5,96$ °C y 75 ± 10 % respectivamente, y un fotoperíodo de 12 horas luz. Los insecticidas empleados fueron el piretroide lambda-cihalotrina [ciano-3-fenoxibencil-3-(2-cloro-3,3,3-trifluoro-1-propanil)-2,2-dimetil-ciclopropano carboxilato] 5 % C E (KARATE ®), y el carbamato metomil [S-metil-N-(metilcarbamoiloxi)-tiocetimidato] 25 % C E (LANNATE L ®). Para los bioensayos se utilizaron larvas del tercer instar de *S. frugiperda*, obtenidas mediante el establecimiento de una población de laboratorio, con larvas colectadas en campos de maíz del asentamiento campesino La Cuarta, Municipio Libertador, Edo. Aragua. Las larvas fueron alimentadas y mantenidas según la metodología de García (1982), los adultos fueron alimentados con una solución azucarada al 25 %. Una vez multiplicada y estabilizada la colonia, se separaron tres grupos; el primero fue sometido a presión de selección con lambda-cihalotrina (colonia EIL), el segundo fue tratado con el insecticida metomil (colonia EIM) y el tercero constituyó la colonia control no expuesta a insecticidas (NEI). Todos los bioensayos se realizaron desde enero de 1997 hasta abril de 1998.

Estimación de las concentraciones letales CL_{50} de lambda-cihalotrina y metomil en *S. frugiperda*

Los bioensayos para la estimación de las concentraciones CL_{50} se realizaron con el método de inmersión de larvas del tercer instar en cada una de las cinco dosis previamente seleccionadas para cada compuesto químico, durante un tiempo de 30 segundos (Watkinson et al. 1984; ICI 1986; Herrero 1987). Las dosis fueron seleccionadas mediante la realización de ensayos preliminares para determinar la ventana de respuesta biológica del insecto, usando en la fase inicial, un amplio rango de concentraciones (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000, 10.000 ppm) que causaron mortalidades entre 0 y 100%, luego se redujo el rango

hasta la selección final de dosis intermedias (Robertson et al. 1984; Saume 1992; Lagunes y Villanueva 1994). Las dosis fueron preparadas a partir de una solución madre de 1000 ppm para lambdacihalotrina y 5000 ppm para metomil, a razón de 5,0; 8,0; 18,0; 43,0; 55,0 ppm y 280,0; 345,0; 665,0; 1300,0; 1600,0 ppm, respectivamente. En la inmersión se utilizaron grupos de 10 larvas con un peso promedio de $24,7 \pm 5,3$ mg. Se realizaron 10 repeticiones por cada dosis. Como tratamiento testigo se trataron larvas de la misma edad en agua destilada, bajo el criterio de que las formulaciones comerciales aplicadas en el campo son diluidas en agua. Transcurrido el tiempo de inmersión, los individuos fueron colocados sobre papel absorbente. Posteriormente, éstos se mantuvieron individualizados en envases cerrados de 12 cc, sin alimento, en condiciones de laboratorio entre 24 y 28 °C y fotoperíodo de 12 horas luz. Se efectuó la evaluación a las 24 horas después de la inmersión, donde se cuantificó el número de larvas vivas y muertas en cada tratamiento. Los resultados de mortalidad se sometieron al análisis de varianza mediante el Probit Analysis Program (Raymond 1985), para determinar las concentraciones letales estimadas CL_{50} y CL_{95} .

Pruebas de presión de selección y resistencia sobre larvas de *S. frugiperda*

En la fase inicial de la selección, se expuso un mínimo de 1000 larvas del tercer instar de *S. frugiperda* para lambdacihalotrina (colonia EIL) y 925 larvas del mismo insecto para metomil (colonia EIM) usando la CL_{50} estimada para cada producto. Los individuos sobrevivientes a las 24 horas, fueron colectados y alimentados hasta su completo desarrollo, estos insectos constituyeron la generación parental (P_0). La progeie de estos individuos o F_1 fue expuesta a la CL_{60} , posteriormente las progenies sucesivas fueron seleccionadas a concentraciones consecutivas de CL_{70} (F_2), CL_{80} (F_3), CL_{90} (F_4). Las generaciones F_6 y F_8 , fueron sometidas a presión de selección con sus respectivas CL_{90} , para finalizar el proceso selectivo. Los datos obtenidos se sometieron al análisis Probit (Raymond 1985) y se compararon a través de la pendiente (b) de la curva concentración-mortalidad y los intervalos de confianza (I) al 95 % de probabilidad. Por otro lado, se realizaron comparaciones con la CL_{50} y la pendiente de la cepa NEI, bajo el criterio de cotejar cambios de tolerancia del insecto a través del tiempo desde un mismo punto de partida, con una colonia que no fue sometida a presión de selección.

La resistencia de *S. frugiperda* a lambdacihalotrina y metomil se determinó mediante comparación (razón) de las CL_{50} de las colonias EIL y EIM en cada generación, con la concentración CL_{50} respectiva de una "colonia susceptible" (colonia GV) proporcionada por el Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA) con sede en Gainesville, Florida. Esta colonia susceptible ha permanecido por más de doce (12) años sin ningún tipo de exposición a insecticidas, criterio por el cual se evaluó como patrón para resistencia. La tasa de desarrollo de resistencia (r) en las generaciones sometidas a presión de selección para cada insecticida, se calculó mediante la fórmula utilizada por Pap y Tóth (1995), modificada:

$$r = \frac{\log CL_{50} F_x - \log CL_{50} P_0}{\log N^{\circ} G}$$

donde: $CL_{50} F_x$ es la concentración letal media de la generación seleccionada, $CL_{50} P_0$ es la concentración letal media de la generación parental y $N^{\circ} G$ el número de generaciones.

Adicionalmente, se evaluó la resistencia cruzada en las colonias sometidas a presión de selección con los productos químicos antes señalados. Esto se realizó utilizando la metodología empleada para la estimación de la CL_{50} , descrita anteriormente. Se determinó la CL_{50} para metomil en la colonia tratada con lambdacihalotrina (EIL) y la CL_{50} para lambdacihalotrina en la colonia EIM tratada con metomil, ambas en la última generación evaluada. También se evaluó la resistencia en colonias de campo de *S. frugiperda*, colectadas en febrero de 1998, en las localidades Valle de Tucutunemo (VT), zona que produce maíz para semilla y consumo fresco durante todo el año, y Arenales-Tocorón (AT), localidad con una producción de maíz de un ciclo por año; ambas regiones pertenecen al Estado Aragua. Unas 235 larvas por localidad, fueron extraídas del cogollo de plantas de maíz de 1,25 m de altura (50 a 60 días después de la siembra) y colocadas en bolsas de papel (con promedio de 10-15 larvas por bolsa) con trozos de follaje y transportadas, en cajas de cartón debidamente cerradas e identificadas, al laboratorio donde se realizaron las pruebas correspondientes.

Resultados y Discusión

Los resultados de la respuesta de colonias de *S. frugiperda* sometidas a presión de selección con lambdacihalotrina (colonia EIL) se muestran en el Cuadro 1. La CL_{50} de la colonia EIL oscila entre 17,5 y 37,7 ppm en las generaciones seleccionadas; la

CUADRO 1. Respuesta relativa (RR₅₀) a lambdacihalotrina en colonias de *Spodoptera frugiperda* susceptibles (GV), no expuesta a insecticidas (NEI), sometidas a presión de selección (EIL) y campo (VT y AT).

Colonia	CL ₅₀ ^a	IC ^b	b ^c	χ ²	RR ₅₀ ^d	r ^e
GV	0,9	0,6 - 1,2	1,37 ± 0,16	3,9	-	-
NEI						
F ₉	5,1	3,8 - 6,4	1,55 ± 0,16	4,8	5,7	-
EIL						
P ₀	17,5	9,6 - 32,5	1,31 ± 0,23	8,0	19,4	
F ₁	-	-	-	-	-	F ₁ -F ₆ : 0,35
F ₂	-	-	-	-	-	
F ₃	13,0	7,0 - 18,4	0,91 ± 0,20	0,3	14,4	
F ₄	-	-	-	-	-	F ₆ -F ₉ : 0,12
F ₆	33,0	26,7 - 43,0	1,41 ± 0,17	5,2	36,7	
F ₈	34,7	27,8 - 46,2	1,36 ± 0,17	2,1	38,6	
F ₉	37,7	28,9 - 54,4	1,26 ± 0,18	2,5	41,9	F ₁ -F ₉ : 0,35
EIM ^f						
F ₉	17,2	13,2 - 21,2	1,50 ± 0,18	1,4	19,1	-
VT	55,8	42,3 - 71,1	1,23 ± 0,17	4,1	62,0	-
AT	59,1	43,26 - 87,9	1,08 ± 0,15	4,9	65,7	-

^a La concentración letal 50 está expresada en partes por millón (ppm). Probit Analysis Program (Raymond 1985).

^b IC, intervalos de confianza de la CL₅₀, al 95 % de probabilidad.

^c b, pendiente.

^d La razón de resistencia RR₅₀ es el cociente entre CL₅₀ de las colonias seleccionadas / CL₅₀ de la colonia susceptible GV.

^e r, tasa de desarrollo de resistencia.

^f Colonia expuesta al insecticida metomil. Prueba cruzada.

CUADRO 2. Respuesta relativa (RR₅₀) a metomil en colonias de *Spodoptera frugiperda* susceptibles (GV), no expuesta a insecticidas (NEI), sometidas a presión de selección (EIM) y campo (VT y AT).

Colonia	CL ₅₀ ^a	IC ^b	b ^c	χ ²	RR ₅₀ ^d	r ^e
GV	124,4	98,8 - 154,7	1,64 ± 0,25	7,8	-	-
NEI						
F ₉	188,4	157,44 - 226,26	1,58 ± 0,15	0,59	1,5	-
EIM						
P ₀	396,2	322,1 - 466,0	1,90 ± 0,22	5,3	3,1	
F ₁	-	-	-	-	-	F ₁ -F ₆ : 0,29
F ₂	556,7	453,7 - 665,8	1,53 ± 2,05	2,3	4,4	
F ₃	558,1	442,9 - 679,5	1,44 ± 0,21	2,1	4,5	
F ₄	-	-	-	-	-	F ₆ -F ₉ : 1,29
F ₆	671,4	537,9 - 834,8	1,31 ± 0,20	2,0	5,3	
F ₈	364,4	235,4 - 476,8	1,10 ± 0,20	5,7	2,9	
F ₉	2752,5	1922,9 - 4790,4	1,13 ± 0,16	0,08	22,1	F ₁ -F ₉ : 0,88
EIL ^f						
F ₉	1655,9	1356,1 - 2106,0	1,46 ± 0,23	2,2	13,3	-
Tucutunemo	1322,2	1054,5 - 1785,5	1,42 ± 0,21	7,1	10,6	-
Arenales	479,7	395,0 - 564,5	2,23 ± 0,29	5,1	3,8	-

^a La concentración letal 50 está expresada en partes por millón (ppm). Probit Analysis Program (Raymond 1985).

^b IC, intervalos de confianza de la CL₅₀, al 95 % de probabilidad.

^c b, pendiente.

^d La razón de resistencia RR₅₀ es el cociente entre CL₅₀ de las colonias seleccionadas / CL₅₀ de la colonia susceptible GV.

^e r, tasa de desarrollo de resistencia.

^f Colonia expuesta al insecticida lambdacihalotrina. Prueba cruzada.

pendiente de la curva varió de 1,31 en la generación parental a 1,26 en la F_9 . Estos resultados indican cierto incremento de la tolerancia de *S. frugiperda* a lambdacihalotrina y una respuesta heterogénea, cuando el insecto es sometido a presión de selección. Por otro lado, en la cepa no sometida a selección (NEI) la CL_{50} tomó un valor de 5,1 en la F_9 , y los intervalos de confianza no se solapan, lo que indica que las pendientes son significativamente diferentes.

Con relación a la resistencia, al comparar la RR_{50} en cada generación seleccionada (Cuadro 1), apreciamos como se incrementa de 19,4 veces a 41,9 veces en relación con la colonia GV, a excepción de la F_3 en la que se observa una pequeña disminución. Adicionalmente, la tasa de desarrollo de resistencia (r) desde la generación parental a la F_9 es igual 0,35 y de F_6 a F_9 es 0,12; cifras que señalan un estancamiento en el desarrollo de la resistencia a lambdacihalotrina en las generaciones evaluadas, a pesar de los ligeros incrementos de las CL_{50} en las mismas generaciones.

En lo referente a las colonias de campo, se observa en la Figura 1-A, que las poblaciones VT y AT, están bastante desplazadas a la derecha de la colonia susceptible (GV), con una respuesta relativa (RR_{50}) de 62,0 y 65,7 veces, respectivamente; estas colonias de campo también presentan una pendiente ligeramente inferior a la colonia GV y los intervalos de confianza de la CL_{50} , no se solapan, aspecto que indica que la b entre las colonias de campo y GV son significativamente diferentes, lo cual sugiere que las poblaciones de campo presentan altos niveles de resistencia a dicho piretroide, según las categorías de Shen et al. (1993).

La respuesta de la colonia sometida a presión de selección con metomil (EIM), se muestra en el Cuadro 2. Se puede observar que la CL_{50} varió de 396,2 a 2752,5 ppm, aspecto que sugiere incrementos en la tolerancia a metomil. Por otra parte, los valores de la pendiente en las generaciones seleccionadas disminuyeron a medida que avanzó la presión, inclusive son menores en comparación con la población GV; esta tendencia a la disminución se debe a que van sobreviviendo más individuos tolerantes al insecticida, lo que produce una respuesta genéticamente heterogénea de la colonia EIM debido al agente seleccionador (metomil); en otras especies de insectos se han señalado pendientes con tendencia similar a la reportada en el presente trabajo (Brewer et al. 1990, Bush et al. 1993, McKenzie y Byford 1993).

En relación con la resistencia de *S. frugiperda* a metomil (Cuadro 2) se apreció que la RR_{50} pasó de 3,1 veces en P_0 a 22,1 veces en F_9 , cifras que demostraron un incremento de la resistencia al nivel de la CL_{50} . Al

evaluar la tasa de desarrollo de resistencia se aprecia que la r , entre las generaciones F_1 y F_6 , adquirió un valor de 0,29 y que entre F_6 y F_9 fue de 1,29; estas cifras sugieren la existencia de dos fases bien definidas: la primera fase entre F_1 - F_6 o fase de estancamiento de r y la segunda fase entre F_6 - F_9 o fase de lento desarrollo de resistencia a metomil. Probablemente esta última fase se extiende algunas generaciones más allá a la F_9 . Adicionalmente la tasa total de desarrollo de resistencia en el período evaluado (F_1 - F_9) fue de 0,88 para metomil.

Las colonias de campo presentaron niveles de resistencia a metomil de 3,8 veces en la colonia AT, y 10,6 veces en la colonia VT (Cuadro 2). Adicionalmente, las curvas concentración-mortalidad de AT, VT y EIM, se encuentran a la derecha de la curva GV (Figura 1-B), por otro lado, la pendiente de la curva en la colonia AT es mayor en comparación a las generaciones seleccionadas y la colonia GV con diferencias significativas; este resultado sugiere una respuesta más homogénea de la colonia de campo AT a metomil.

En cuanto a la resistencia cruzada, cuando se evalúa la susceptibilidad de la colonia EIM a lambdacihalotrina (Cuadro 1) observamos que la RR_{50} tiene un valor de 19,1 veces en relación con la colonia GV, valor similar a la condición inicial del experimento (P_0), (Figura 2-A), mientras que la susceptibilidad de la colonia EIL a metomil genera una razón de resistencia 13,3 veces más alta que la colonia susceptible (Cuadro 2), valor mayor al observado en la respuesta de la generación parental (Figura 2-B) a metomil. Estos resultados sugieren que los mecanismos de resistencia a piretroides y carbamatos pudieran estar siendo estimulados en ambas situaciones de presión de selección. Cabe resaltar que la importancia del metabolismo oxidativo (OFM) en la resistencia a carbamatos, fue verificada en una colonia de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) resistente a Metomil (Price y Chapman 1987), desde entonces ha sido reconocido como el principal mecanismo de resistencia a carbamatos en insectos (Saume 1992, McPheron 1995). Por otro lado, se atribuye la resistencia a piretroides en mosca doméstica a tres mecanismos principales: insensibilidad del sitio de acción, incremento del metabolismo oxidativo y disminución de la penetración (Scott y Georghiou 1985, Mac Donald et al. 1985). Sin embargo, se ha observado que el tipo de piretroide (estructura química) no tiene efecto sobre el grado de resistencia cuando el metabolismo oxidativo es el principal mecanismo (Scott y Georghiou 1986).

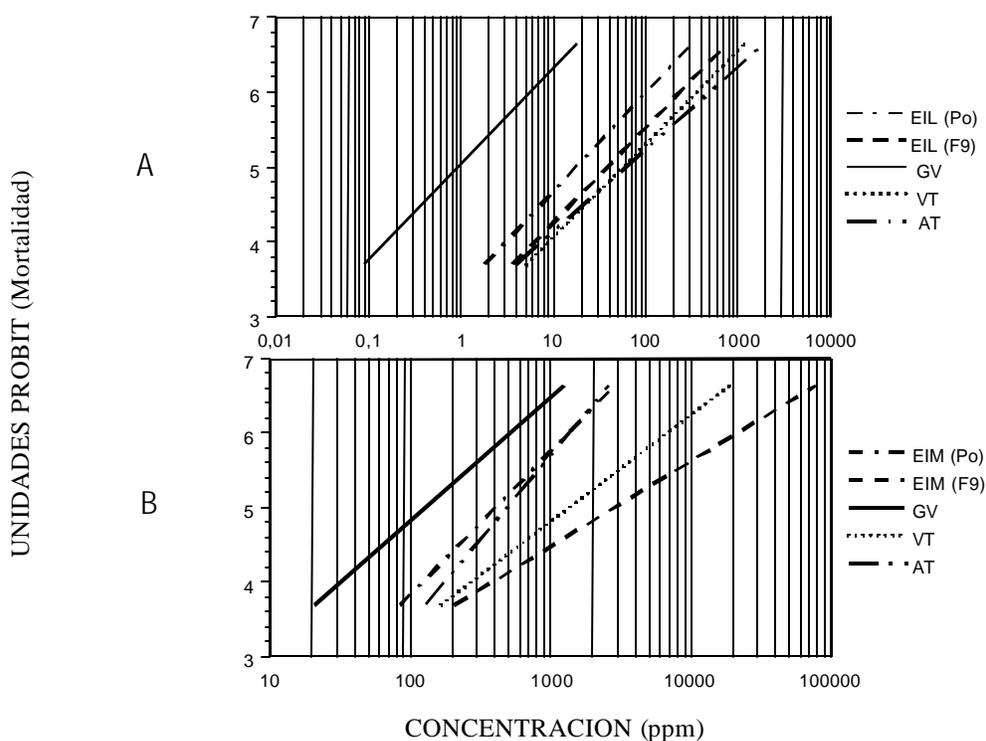


FIGURA 1. Respuesta de *S. frugiperda* a los Insecticidas Lambdacihalotrina (A) y Metomil (B). Colonia susceptible (GV), colonias de campo (VT= Tucutunemo, AT= Arenales-Tocorón), colonia sometida a presión de selección con Lambdacihalotrina (EIL), colonia sometida a presión de selección con Metomil (EIM). Po= Generación parental, F9= novena generación. Eje de valores X en escala logarítmica.

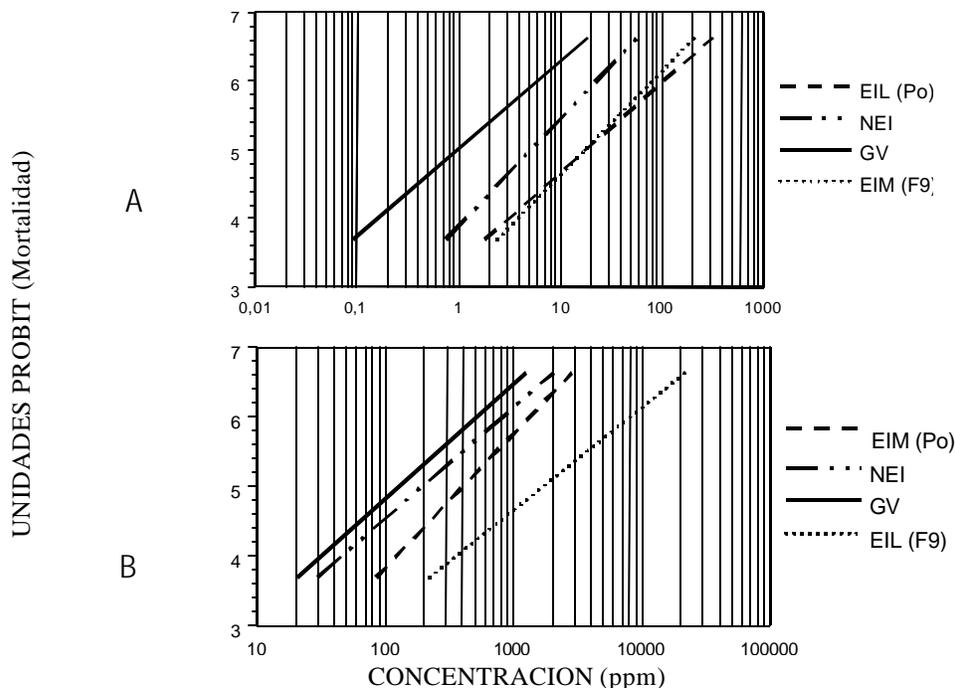


FIGURA 2. Cambios en la toxicidad de lambdacihalotrina (A) y Metomil (B) en colonias de *S. frugiperda*. NEI, colonia no expuesta a insecticidas; GV, colonia susceptible; EIM, colonia expuesta a Metomil (Prueba cruzada); EIL, colonia expuesta a lambdacihalotrina (Prueba cruzada). Eje de valores X en escala logarítmica.

En investigaciones realizadas por Pacheco-Covarrubias (1993) en *S. frugiperda* se registraron niveles de resistencia a permetrina que oscilaron entre 1,74 y 4,10 veces, también se señaló una alta resistencia a insecticidas órganofosforados. En otro trabajo (Yu 1991) se determinó que la resistencia de *S. frugiperda* a piretroides (permetrina, cipermetrina, cihalotrina, fenvalerato, fluvalinato y otros) en colonias de campo se encontró en el rango de 2,0 a 216 veces, mientras que el valor específico para cihalotrina fue de 12,5 veces, valor que es inferior al obtenido en este trabajo para lambdacihalotrina (del mismo grupo químico) en las colonias de campo, en esa misma investigación se reporta una resistencia a metomil de 14,4 veces, cifra ligeramente superior a lo obtenido en la colonia VT que fue de 10,6.

En poblaciones de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) sometidas a presión de selección con el piretroide fenvalerato (grado técnico), Brewer et al. (1990) demostraron un incremento de RR_{50} de 8,3 veces, en relación con la colonia susceptible, en la generación número 20. Los mayores aumentos de resistencia ocurrieron en las primeras seis generaciones; adicionalmente, la pendiente de la curva en cada relación concentración-mortalidad tendió a disminuir, resultado que concuerda al obtenido en la presente investigación aún cuando se trata de especies distintas.

Por otra parte, Glenn et al. (1994), al trabajar con *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) provenientes de campo de cultivos de maíz dulce, encontraron una RR_{50} a fenvalerato de 14 a 34 veces más alta en comparación a una colonia susceptible. En otro estudio, larvas de *Platynota idaeusalis* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) recién emergidas fueron expuestas a dosis subletales de azinfosmetil durante varias generaciones, el rango de la RR_{50} fue de 11 a 16 veces mayor que la colonia no tratada (Bush et al. 1993), además la pendiente de la curva concentración mortalidad tendió a disminuir a medida del avance del experimento. En poblaciones de *Haematobia irritans* (L.) (Diptera: Muscidae) seleccionadas con permetrina, ivermectina y diazinón durante varias generaciones en condiciones de laboratorio, se reportó incremento de la resistencia en las generaciones 21, 30 y 31 para cada insecticida, respectivamente (McKenzie y Byford 1993). En las primeras 17 generaciones la tasa de desarrollo de resistencia, se mantuvo estable y la pendiente de la curva concentración-mortalidad tendió a disminuir.

Una colonia de *M. domestica*, expuesta a presión de selección durante 5 generaciones con cipermetrina

resultó 503 y 236 veces más resistente en comparación con la colonia susceptible a nivel de DL_{50} y DL_{95} , respectivamente (Learnmount 1994). A diferencia de lo que ocurre en las referencias ya citadas, la pendiente es más alta en las primeras generaciones seleccionadas. Esto sugirió un aumento de la homogeneidad en la respuesta de la mosca doméstica a la cipermetrina. Scott y Georghiou (1985) también reportan altas fluctuaciones de la pendiente de la curva en generaciones de la mosca doméstica seleccionadas con permetrina. Otra investigación realizada en *M. domestica* sometida a selección con betacipermetrina durante 25 generaciones consecutivas (Pap y Tóth 1995) reportó una RR_{50} de 164,9 y 190,2 veces mayor a la colonia susceptible en la última generación evaluada, para hembras y machos, respectivamente; las primeras tres generaciones de selección representaron una fase estable de la tasa de desarrollo de resistencia, mientras que las cuatro siguientes generaciones de selección señalaron un rápido incremento de r . En el presente trabajo, el desarrollo de resistencia de *S. frugiperda* a lambdacihalotrina permaneció estancado después de 7 generaciones de presión, mientras que para metomil la fase estancada se mantuvo durante 6 generaciones, también se señalaron valores de pendiente que fluctuaron a lo largo de la selección. Sin embargo, en las primeras generaciones la pendiente tendió a disminuir.

Las diferencias en las tasas de desarrollo de resistencia entre los diferentes trabajos mencionados y lo obtenido en la presente investigación indican que r varía entre las especies de insectos (inter e intraespecíficamente), las clases de insecticidas y, obviamente, el tiempo de exposición a los compuestos químicos. Sin embargo, demuestran la existencia de gran potencial de desarrollo de resistencia innato en cada especie cuando son sometidas a presión de selección (en el laboratorio o en el campo), aún cuando se empleen formulaciones comerciales de los productos utilizados.

Según Shen et al. (1993), la resistencia a lambdacihalotrina en las colonias de campo, evaluadas en el presente trabajo, se pueden considerar de "altos niveles de resistencia", mientras que para metomil se pueden considerar de "tolerancia a bajos niveles de resistencia". Esto podría constituir la base para transferir información a productores, empresas de agroquímicos y organizaciones gubernamentales relacionadas con el problema y alertar las áreas agrícolas estudiadas y aquellas regiones donde el uso de plaguicidas es excesivo para el control de insectos (áreas algodoneras, zonas hortícolas y áreas maiceras como el caso del Valle de Tucutunemo) de tal manera

que, mediante un uso racional y ordenado, se eviten problemas colaterales a causa del desarrollo de resistencia. Es importante destacar, que la realización de monitoreos de resistencia a insecticidas, en *S. frugiperda* y otros insectos plaga, debe cumplir con varias fases, que van desde la evaluación del efecto del insecticida en el laboratorio, determinación de los mecanismos de detoxificación de insecticidas y evaluación de fórmulas comerciales. Esto permitirá establecer con criterios, que insecto es resistente o susceptible, y determinar las medidas a usar en su manejo.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a Frederick Adams, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Gainesville, Florida), quien cordialmente suministró la colonia susceptible a insecticidas, del insecto objeto de la investigación. A Nilda Yaneth Pérez, Franklin Rojas, Oscar Rivero, Ricardina Colmenares, Darjaniva Molina y Larry, por su gran colaboración en el desarrollo de este trabajo. A FUNDACITE-Aragua, por el apoyo financiero a través del proyecto DLAG-0044 y a Zéneca de Venezuela, S. A., por el suministro de algunos productos químicos empleados en los bioensayos.

Referencias

- BREWER MJ, TRUMBLE JT, ALVARADO-RODRÍGUEZ B, CHANEY E. 1990. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adult and larval susceptibility to three insecticides in managed habitats and relationship to laboratory selection for resistance. *J Econ Entomol* 83: 2136-2146.
- BUSH MR, ABDEL-AAL YA, SAITO K, ROCK GC. 1993. Azinphosmethyl resistance in the tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae): reversion, diagnostic concentrations, associated esterases, and glutathione transferases. *J Econ Entomol* 86(2):213-225.
- GARCÍA JL. 1982. Estudio sobre la biología, comportamiento y ecología de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). [Tesis de Doctorado]. Maracay: Universidad Central de Venezuela. Fac Agronomía. 222 p.
- GEORGHIOU GP. 1986. The magnitude of the resistance problem. In: National Academy of Sciences eds. *Pesticide resistance: Strategies and tactics for management*. Washington, D. C. p. 14-43.
- GEORGHIOU GP, MELLON RB. 1983. Pesticide resistance in time and space. In: Georghiou G P, and Saito T, eds. *Pest resistance to pesticides*. New York: Plenum Press. p 175-205.
- GLENN DC, HOFFMAN AA, Mc DONALD G. 1994. Resistance to Pyretroids in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from corn: adult resistance, larval resistance, and fitness effects. *J Econ Entomol* 87(5): 1165-1171.
- HERRERO JL. 1987. Respuestas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) sometido a presión de selección con el insecticida metomyl en generaciones sucesivas, utilizando el método de inmersión. [Tesis de Grado]. Maracay: Universidad Central de Venezuela, Fac Agronomía. 43 p.
- ICI Agrochemicals. 1986. Pyretroid resistance monitoring kit. 12 p.
- LAGUNES TA, VILLANUEVA JA. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados-Entomología. Montecillo, Texcoco Edo. de México. 264 p.
- LEARMOUNT J. 1994. Selection of houseflies (Diptera: Muscidae) with a pyrethroid space Spray using a large-scale laboratory method. *J Econ Entomol* 87(4):894-898.
- MACDONALD RS, SURGEONER GA, SOLOMON KR, HARRIS CR. 1985. Laboratory studies on the mechanisms of resistance to permethrin in a field-selected strain of house flies. *Pestic Sci* 16:10-16.
- McKENZIE CL, BYFORD R L. 1993. Continuous, alternating and mixed insecticides affect development of resistance in the horn fly (Diptera: Muscidae). *J Econ Entomol* 86(4):1040-1048.
- McPHERON B. 1995. Management of insecticide resistance. Pennsylvania State University. Mimeografiado. 42 p.
- PACHECO-COVARRUBIAS JJ. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Son., México. *Resistant Pest Management Newsletter* 5(1):3-4.
- PAP L, TÓTH A. 1995. Development and characteristics of resistance in the susceptible WHO/SRS house fly (*Musca domestica*) strain subjected to selection with beta-cypermethrin. *Pestic Sci* 45:335-349.
- PLAPP FW, WANG TC. 1983. Genetic origins of insecticide resistance. In: Georghiou G P, and Saito T, eds. *Pest resistance to pesticides*. New York: Plenum Press. p 47-70.
- PRICE RP, CHAPMAN PA. 1987. Resistance to methomyl in a laboratory selected and a field strain of the house fly, *Musca domestica* (L.). *Pestic Sci* 20:167-177.
- RAYMOND M. 1985. Présentation d'un programme d'analyse log-probit pour micro-ordinateur. *Cah. Ortoms, Sér Ent Med et Parasitol* 22(2):117-121.
- SAUME F. 1992. Introducción a la Química y Toxicología de Insecticidas. Primera edición. Maracay. 212 p.

- SCOTT JG, GEORGHIOU GP. 1985. Rapid development of high-level permethrin resistance in a field-collected strain of the house fly (Diptera: Muscidae) under laboratory selection. *J Econ Entomol* 78:316-319.
- SCOTT JG, GEORGHIOU GP. 1986. Mechanisms responsible for high levels of permethrin resistance in the house fly. *Pestic Sci* 17:195-206.
- SHEN J, WU Y, TAN J, ZHOU B, CHEN J, TAN F. 1993. Comparison of two monitoring methods for pyrethroid resistance in cotton bollworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Resistant Pest Management Newsletter* 5(1):5-7.
- WATKINSON C, WISEMAN A, ROBINSON T. 1984. A simple test kit for field evaluation of the susceptibility of insect pests to insecticides. *British crop protection conference-pests and diseases*. 6 A-20:559-564.
- YU SJ. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pestic Biochem Physiol* 39:84-91.

Recibido: 01-vi-2000

Aceptado: 19-vi-2001

Correcciones devueltas por el autor: 10-v-2001