

RESISTENCIA DEL COGOLLERO DEL MAÍZ, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) A ALGUNOS INSECTICIDAS Y SU MANEJO

Ingeborg Zenner de Polanía* • Fabiola Borrero Fonseca**

INTRODUCCIÓN

Colombia, al igual que otros países, en los cuales predomina el control químico de insectos plagas, enfrenta el problema de resistencia de estos insectos a los diversos grupos de insecticidas. La resistencia es un proceso dinámico evolutivo, que depende de la presión de selección ejercida por los productos aplicados a la población de la plaga (Metcalf, 1983). El fenómeno resistencia ha sido determinado por muchos autores, siendo una de las definiciones más populares la de WHO (1957), citada por Oppenoorth y Willing (1976): "Resistencia es el desarrollo de la habilidad de una raza de insectos a tolerar dosis de tóxicos, los cuales serían letales a la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie". Bajo condiciones de campo el fenómeno resistencia significa no control económico con las dosis previamente establecidas y efectivas contra la plaga, lo cual tiene como consecuencia un aumen-



FOTOGRAFÍA 3. Gusano de la mazorca, *Heliothis Zea*.

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

* IA, MSc, PhD.

** Bióloga. Investigación Básica Agrícola-Entomológica. ICA, Tibaitatá. AA 151123, Eldorado, Santafé de Bogotá.

to del costo del control químico de la plaga y la disminución de la productividad del cultivo. Para lograr controles satisfactorios de la plaga resistente, las aplicaciones se vuelven más frecuentes, se utilizan dosis más altas y mezclas más costosas y finalmente se cambia el insecticida por otro diferente y más caro (Zenner de Polanía, 1991).

El cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), de por sí, por alimentarse de una amplia gama de huéspedes, pertenecientes a malváceas, solanáceas y gramíneas, posee la habilidad innata de tolerar sustancias tóxicas para cualquier otro insecto monófago. Además, es una de las plagas más expuestas a aplicaciones de insecticidas, ya que siendo polífago afecta tanto a sorgo y maíz, arroz, tomate y pimentón, como al algodón. Aunque prefiere para su oviposición y alimentación a las gramíneas, malezas y cultivadas, donde la población no recibe mayores aplicaciones de insecticidas, en el algodón y las solanáceas sí está expuesto a una fuerte presión de selección a prácticamente todos los grupos de agroquímicos disponibles en el mercado.

Desde el punto de vista económico, la resistencia de un insecto puede causar pérdidas cuantiosas a los cultivadores. Para los EU, Pimentel *et al.* (1980), citados por Georghiou y Mellon (1983), calcularon un aumento del costo de control de plagas, debido a la resistencia, de US\$ 133 millones/año, cifra en la cual no incluyeron los costos indirectos de resistencia sobre la investigación y el desarrollo, por la industria de agroquímicos, de compuestos nuevos. Para los cultivadores de cereales en Colombia" teniendo en cuenta un área cultivada en 1992 de 650.000 ha y 230.000 ha de maíz y sorgo, respectivamente (Fenalce, 1993), las pérdidas por resistencia del cogollero del maíz podrían ascender fácilmente a \$8.800 millones por año, al fallar una sola aplicación de insecticida.

A partir de 1985 se comenzaron a observar bajo condiciones de campo del Tolima fallas en el control de *S. frugiperda*, lo cual indujo al Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, a iniciar un programa de monitoreo de resistencias del insecto en 1989, para luego buscar también alternativas con el fin de poder manejar esta resistencia.

Para determinar la susceptibilidad de las razas geográficas del cogollero del maíz, cuyos resultados se analizan en este trabajo, se empleó la prueba de inmersión foliar, haciendo algunas modificaciones al Método No. 7 propuesto por Irac (Gifap, 1990). El material biológico, posturas de *S. frugiperda*, se recolectó en ambientes específicos de campo, para luego mantenerlo bajo condiciones controladas ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 70% HR). Para las evaluaciones, se utilizó el II instar, el cual fue expuesto a hojas de maíz, tratadas con dosis seriadas (ppm, p.c.) o dosis discriminatoria del insecticida a probar. El follaje, al cual se expusieron las larvas testigo, fue tratado con agua. La unidad experimental consistió en vasos plásticos de 50 ml de capacidad con tapa a presión. El diseño utilizado fue de bloques al azar con cuatro a cinco repeticiones por dosis y cinco larvas por repetición para insecticidas químicos. Para el inhibidor de

quitina y el insecticida biológico se utilizó un diseño completamente randomizado con un mínimo de 25 larvas de II o III instar por tratamiento. Las lecturas de mortalidad se realizaron a las 48 h para insecticidas químicos y las 48, 72, 96 y 120 h para los otros productos. Los resultados fueron sometidos a análisis probit, graficando los porcentajes de mortalidad obtenidos contra la dosis correspondiente en papel probit y utilizando un programa de computador, probit-Michigan. Los insecticidas evaluados fueron metomil, clorpirifos, cipermetrina y diflurbenzuron. Del insecticida biológico, *Bacillus thuringiensis*, se trabajaron las subespecies *kurstaki* y *aizawal*. Las razas geográficas evaluadas procedían de los siguientes departamentos: Huila, Tolima, Cundinamarca, Antioquia, Cesar y Guajira.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE RESISTENCIA

A. Metomil

Insecticida del grupo de los carbamatos, utilizado contra el cogollero del maíz desde hace más de 15 años en el país. Fue el primer producto con el cual se observaron fallas de campo en el Tolima, atribuidas inicialmente a problemas de aplicación, uso de subdosis o formulación deficiente.

Al evaluar durante tres años la susceptibilidad de poblaciones de la plaga procedentes de zonas netamente maiceras y de áreas donde también se cultiva el algodón, se obtuvieron los resultados consignados en la Tabla 1. La única raza que todavía se puede considerar susceptible fue obtenida en lotes de maíz del CI Motilonia (ICA, Codazzi) y la más resistente procede de cultivos del mismo cereal de Bello (Ant.), con una relación de resistencia entre ellos de 65,11. Estos extremos se atribuyen al poco uso del insecticida en el centro de investigación y a la alta presión de selección ejercida por el abuso del metomil en Bello. Llama además la atención la diferencia marcada en susceptibilidad entre las dos poblaciones de Ambalema. La de la hacienda El Triunfo es tolerante, mientras que la de Pajonales es resistente al insecticida. En la primera, las plagas, tanto de algodón como del cultivo de rotación, el sorgo, se ha manejado tradicionalmente con un uso moderado de insecticidas químicos y con énfasis en prácticas culturales y conservación del control biológico natural, mientras que Pajonales se ha caracterizado por una casi exclusiva dependencia del control químico en ambos cultivos. La muestra de Espinal (Tolima) procedía de un lote en donde en años anteriores, debido a fallas del metomil, habían cambiado a insecticidas de otros grupos químicos, lo cual permitió una dilución de la resistencia a este producto, hasta el punto de que en la actualidad solamente se detecta tolerancia.

En general puede deducirse que la situación de resistencia de *S. frugiperda* es crítica en la gran mayoría de las zonas analizadas. Si se sigue utilizando el producto de la manera acostumbrada, ante todo en las áreas maiceras minifun-

distas, donde también se cultivan las huéspedes solanáceas de la plaga, dentro de poco se tendrán razas homocigotas resistentes a este carbamato.

TABLA 1. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a metomil. 1990-1992.

Procedencia población	CL 50* (ppm)	RR **	Situación resistencia
ICA Motilonia Codazzi - Cesar	0.43	1.0	S
Espinal (Tolima)	1.30	3.02	T
El Triunfo	1.00	2.32	T
Pajonales	16.50	38.37	R
Neiva (Huila)	6.60	15.34	T
San Juan del Cesar (Guajira)	10.00	23.25	R
Anolaima (Cund.)	18.00	41.86	R
Bello (Ant.)	28.00	65.11	R

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible T = Tolerante R = Resistente

B. Clorpirifos

Este insecticida del grupo de los organofosforados es tal vez el más utilizado a nivel nacional para el control químico del *S. frugiperda* en maíz y sorgo. Sin embargo, y como lo muestran los datos consignados en la Tabla 2, hasta el momento solo se ha detectado una raza del insecto resistente al producto: la de la Guajira (Zenner de Polanía y Borrero Fonseca, 1992).

Nuevamente se destaca la diferencia entre las dos haciendas de Ambalema, la cual se atribuye a la variación en el manejo expuesto bajo metomil. Esta diferencia de manejo se refleja también en las CL₅₀ obtenidas para el CI Nataima. El lote soca-sorgo no había recibido aplicación alguna durante tres generaciones del cogollero, mientras que el lote comercial ya había sido aplicado cuatro veces con clorpirifos en este mismo lapso.

En el lote de entomología, solamente en 30% de las parcelas experimentales había dependencia del control químico. Las razas geográficas netamente tolerantes o resistentes corresponden a zonas donde predomina el algodón como cultivo de rotación de sorgo y maíz; o sea, que sobre el insecto se ejerce una presión de selección con fosforados durante los dos semestres del año.

La situación de resistencia de *S. frugiperda* a clorpirifos todavía no se puede catalogar como crítica. Sin embargo, muestra una clara tendencia al aumento de los niveles de tolerancia y una heterocigosis peligrosa susceptible tolerante y tolerante-resistente.

TABLA 2. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a clorpirifos. 1990-1992.

Procedencia población	CL 50 * (ppm)	RR **	Situación resistencia
Neiva (Huila)	0.10	1.00	S
Ambalema (Tolima)			
El Triunfo	0.15	1.50	S
Pajonales	1.55	15.50	T
Anolaima (Cund.)	0.40	4.00	S - T
Bello (Ant.)	0.35	3.50	S - T
ICA CI Nataima (Espinal)			
Soca sorgo	0.13	1.30	S
Lote entomología	0.90	9.00	S - T
Lote comercial	5.60	56.00	T
Espinal (Tolima)	2.35	23.50	T
Codazzi (Cesar)	0.88	8.80	S - T
San Juan Cesar (Guajira)	10.00	100.00	R

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible T = Tolerante R = Resistente

C. Cipermetrina

Aunque raras veces se utilizan piretroides para controlar específicamente al cogollero del maíz, las poblaciones del insecto están sujetas a la presión de selección que ejercen estos insecticidas al ser utilizados contra *Heliothis virescens* en el algodón (Zenner de Polanfa y Borrero Fonseca, 1992) y contra la mosca del ovario en sorgo. Esta permanente exposición se refleja en el comportamiento de la plaga, tanto en el interior como en la costa, respecto a cipermetrina (Tabla 3) y representa un marcado contraste con las dos zonas maiceras analizadas, en las cuales las razas de la plaga son susceptibles al piretroide.

Utilizando las dosis discriminatorias, 2 ppm para metomil y clorpirifos y 1 ppm para cipermetrina (Autores, datos sin publicar), se evaluó nuevamente la susceptibilidad de *S. frugiperda* colectado en maíz y sorgo, obteniéndose los resultados que se presentan en la Tabla 4, los cuales muestran en forma resumida la situación actual de resistencia del cogollero. Los porcentajes de mortalidad obtenidos reflejan claramente el manejo que se ha dado a la plaga en las diferentes áreas del país. El uso continuo tanto de clorpirifos como de metomil ha causado la resistencia o tolerancia a estos insecticidas. En las zonas donde se rota con algodón (Campoalegre, Nataima y San Juan del Cesar), las aplicaciones de piretroides contra *H. virescens* han afectado negativamente la susceptibilidad de la plaga a este grupo de insecticidas en los

cereales. La mayor susceptibilidad a cipermetrina se observa en Bello y Anolaima, donde nunca se ha utilizado este compuesto.

TABLA 3. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a cipermetrina (1992).

Procedencia población	CL50 * (ppm)	RR **	Situación resistencia
Bello (Ant.)	0.12	1.00	S
San Juan del Cesar (Guajira)	8.20	68.33	R
Espinal (Tol.)	12.00	100.00	R
Anolaima (Cund.)	0.20	1.66	S

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible R = Tolerante

TABLA 4. Susceptibilidad de *S. frugiperda* colectado en maíz y sorgo a tres insecticidas (DD*) (1992).

Procedencia	% de mortalidad		
	Clorpirifos	Metomil	Cipermetrina
Campoalegre (Huila)	70,00	10,00	20
Rivera (Huila)	73.33	53.85	80
ICA-Nataima	45.00	16,00	10
Bello (Ant.)	24.00	0	100
Anolaima (Cund.)	25.00	17,00	82
San Juan del Cesar (Guajira)	18.00	22,00	10

* Dosis discriminatoria, dosis que causa 80% de mortalidad de una población susceptible.

En la Tabla 5 se presenta un cuadro comparativo de la variación de la resistencia a los tres grupos de productos químicos utilizados para su control. Se observa, en general, que la situación colombiana es menos complicada que la presentada para el norte de la Florida. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que Yu (1991) utilizó otra metodología de evaluación el IV instar larval de la plaga, el cual de por sí es menos susceptible a insecticidas. Por esta razón, los datos no son directamente comparables, pero sí representan indicadores de la tendencia de aumento de resistencia de *S. frugiperda* en ambos países.

TABLA 5. Variación de resistencia de *S. frugiperda*.

Grupo químico	Norte de Florida (EU*)	Colombia
Carbamatos	14 - 192	2.32 - 65.11
Organofosforados	12 - 271	1.31 - 100
Piretroides	2 - 216	1.66 - 100

* Tomado de Yu (1991)

MANEJO DE LA RESISTENCIA

De acuerdo a Georghiou (1983) dentro de las medidas teóricas del manejo de resistencia se reconocen tres estrategias químicas: manejo por moderación, por saturación y por ataque múltiple. Ninguna de las estrategias prescinde del uso del insecticida; solo recomienda respectivamente: menor frecuencia de aplicaciones, uso de productos de corta persistencia en el ambiente, no aplicación a determinadas generaciones o poblaciones de la plaga, mantenimiento de refugios y uso de niveles de aplicación más altos, cambio de genes resistentes a funcionalmente recesivos mediante el uso de dosis altas de productos selectivos y supresión del mecanismo de detoxificación a través de sinergistas y, finalmente, el manejo por ataque múltiple se fundamenta en el uso de mezclas de insecticidas y rotación de productos.

Bajo condiciones de campo, ninguno de los modelos, aunque han proporcionado resultados satisfactorios (Forester, 1990; Sawicki, 1989) han logrado detener definitivamente el avance del fenómeno de resistencia.

En Colombia, para el manejo del problema referente a *S. frugiperda*, se ha tenido en mente la filosofía del Manejo Integrado de Plagas, MIP, y los experimentos de búsqueda de alternativas para el manejo de la resistencia se han encaminado en este sentido.

Uno de los grupos de insecticidas que podría encajar favorablemente dentro de un plan de MIP, tanto en el algodonero como en el maíz y sorgo, en lo referente al cogollero del maíz, es el de los inhibidores de quitina. Así, se evaluó uno de ellos, el diflurbenzuron contra el III instar de la plaga, obteniéndose los resultados positivos consignados en la Tabla 6, los cuales representan un resumen de la respuesta obtenida con razas procedentes de Espinal (Tol.), San Juan del Cesar (Guajira) y Anolaima (Cund). A las 96 horas siempre se logró 100% de mortalidad con todas las dosis evaluadas, estabilizándose la respuesta dosis-mortalidad en este tiempo.

Se observó claramente que las otras larvas inician la muda, pero se quedan "atrapadas" dentro de la piel vieja y se mueren. La acción positiva se constató también bajo condiciones de campo. La rapidez de la mortalidad dependía de

la proximidad a la muda de las larvas en el momento de la aplicación y del consumo foliar.

TABLA 6. Respuesta Concentración-mortalidad de larvas de III instar de *S. frugiperda* a diflurbenzuron.

Dosis mg/l	% de mortalidad Horas después del tratamiento		
	48	72	96
2.5	45,83-73,33	62,50-93,33	100
25.0	52,00-73,33	88,00-93,33	100
250.0	80,00-85,71	93,33-95,24	100

Teniendo en cuenta el beneficio general de un insecticida biológico dentro del MIP, se consideró como alternativa al *Bacillus thuringiensis* (Zenner de Polanía, y Borrero Fonseca, 1992a).

Experimentos preliminares realizados con el III instar mostraron resultados poco satisfactorios, por lo cual se optó por la utilización de los bioensayos del II instar de la plaga. En la Tabla 7 se muestran algunos resultados de estos trabajos. La formulación del PM del *B.t.* sp. *Kurstaki* ejerce un mejor control al mezclarlo en proporciones comerciales con Carrier, mientras la formulación líquida (ES) no requiere de este adyuvante.

TABLA 7. Respuesta dosis-mortalidad de *S. frugiperda*, raza ICA Nataima, II instar, a tres formulaciones de *Bacillus thuringiensis*.

Formulación	Pendiente & SE	CL ₅₀ (mg i.a./l)
B.t.k. PM (32.000 UI/mg)		
+ Carrier	3,26 & 1,01	14,04
B.t.k. ES (17.600 UI/mg)		
pH 7,42	3,68 & 0,97	21,06
B.t.k. GDA (15.000 UI/mg)		
+ Carrier	2,50 & 0,77	22,01
pH 7,42	2,09 & 0,78	15,43

B.t. subespecie *aizawai* se mostró igual de eficiente con la adición de Carrier como solo. Es muy importante saber que esta subespecie, aún no en el mercado colombiano, es efectiva contra el cogollero del maíz para sí manejar la plaga, rotando las subespecies antes de que el insecto desarrolle resistencia al *B.t.*

Los porcentajes de mortalidad logrados con las dos formulaciones de *B.t.k.* y una *B.t.a.* se muestran en las figuras 1, 2 y 3. Las dosis intermedias y altas corresponden a las dosis comerciales recomendadas, las cuales pueden considerarse satisfactorias.

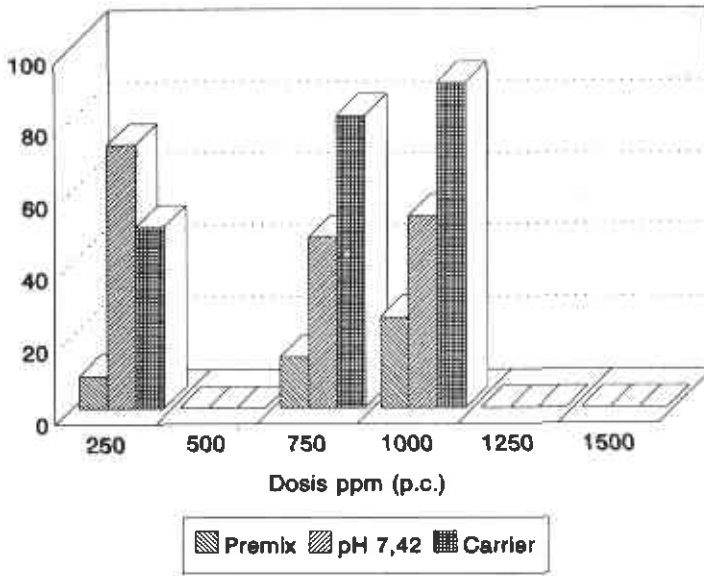


FIGURA 1. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis* ssp. Kurstaki (32.00 U.I./mg).

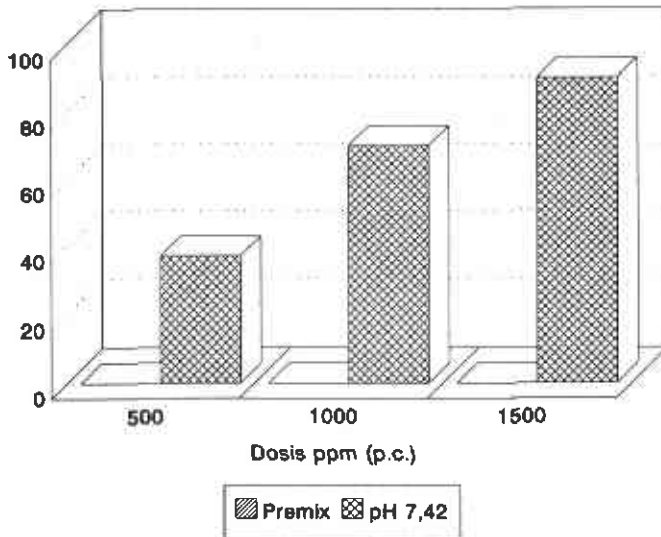


FIGURA 2. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis* Kurstaki ES (17.600 U.I./mg).

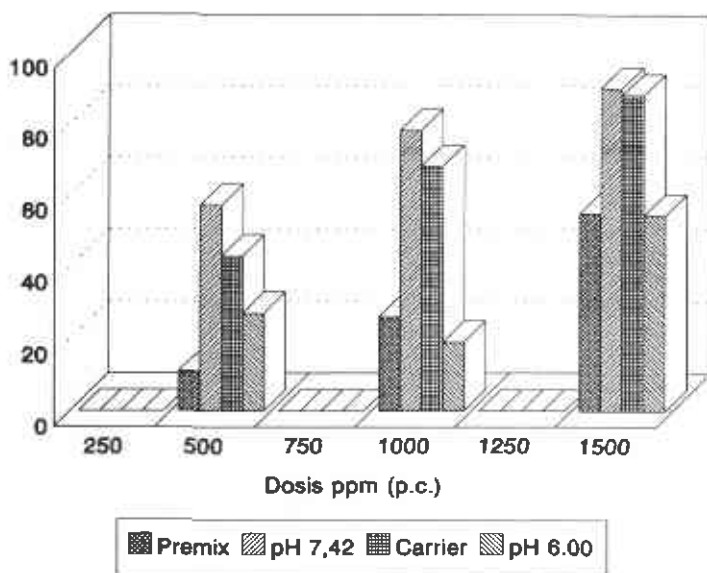


FIGURA 3. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis aizawai* GDA (15.000 U.I./mg).

Además, para determinar si existía variación en la susceptibilidad al *B.t.k* y establecer la línea base para este producto biológico, se analizaron tres poblaciones del cogollero con los resultados consignados en la Tabla 8. Estadísticamente no se encontró diferencia entre las tres poblaciones, pero aquella de ICA Nataima que había sido sometida a presión de selección por *B.t.* muestra una menor susceptibilidad. Esto debe tomarse como una advertencia, ya que la literatura mundial registra varios casos de plagas del orden lepidoptera, resistentes a *Bacillus thuringiensis* (Tabashnik *et al.* 1990; Rossiter *et al.* 1990).

TABLA 8. Variación de la susceptibilidad de *S. frugiperda*, II instar, a *B. thuringiensis ssp. kurstaki* PM (32.000 UI/mg) (agua pH 7, 42).

Raza	Pendiente +/- SE	CL 50 (mg ia/l)	RS*
Espinal (Tol.)	0,81+/-4,63	44,40	1,00
Bello (Ant.)	1,19+/-0,15	47,05	1,06
ICA (Nataima)	-0,91+/-0,63	83,05	1,87

* Relación de Susceptibilidad.

Basados en los resultados aquí analizados se puede recomendar el siguiente manejo de poblaciones, resistentes y tolerantes a insecticidas, del cogollero del maíz, estrategia de manejo aconsejable también para evitar la selección de mas razas de la plaga por resistencia a productos químicos.

A la primera generación de *S. frugiperda* se le puede prestar mayor atención. Seis a siete días después de haber observado las primeras posturas; o sea, cuando las larvas están en II instar y causan el daño como comedores de follaje, o cuando se detecta el daño típico de "ventanitas" o "daño nuevo" en 60% de plantas de maíz y en 40% de las de sorgo, debe realizarse la primera y única aplicación de *Bacillus thuringiensis*. Al utilizar la formulación polvo mojable debe agregarse un adyuvante. Tanto en el Tolima, como en el Valle del Cauca, a partir de la segunda generación, el parasitismo natural, ejercido principalmente por *Chelonus insularis* Cresson y *Meteorus laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) alcanza niveles tales que no se requiere un control adicional (Notas y Noticias Entomológicas, 1990, 1991, 1992). Esto siempre y cuando no interfiera con aplicaciones de insecticidas químicos. En áreas donde el parasitismo es escaso y se requiere una segunda aplicación, ésta puede realizarse con diflurbenzuron o productos con el mismo modo de acción contra larvas no mayores del III instar.

Para el futuro deben procurarse crías masivas y liberaciones inundativas de los parasitoides arriba mencionados, al principio de la temporada, cuando las poblaciones de los benéficos son aún escasos. Otro insumo biológico que debería estar disponible para ser liberado es el parasitoide de huevos, *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), nativo de Sarawak y Nueva Guinea, e introducido con éxito en Israel, Barbados, Nicaragua y Venezuela. En este último país se logró un parasitismo hasta de 100% en áreas cercanas a su liberación (Hernández *et al.*, 1989).

Este tipo de MIP favorece en general a los enemigos naturales de otras plagas de maíz y sorgo, disminuyendo así la necesidad de controles químicos en estos cereales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Fenalce.** 1993. Estadísticas de Producción. Departamento de Economía. (Bogotá).
2. **Forrester, N.W.** 1990. Change for de Australian resistance strategy. Pest Resistance Management (EU). Vol. 2 No. 1. p. 25-26.
3. **Georghiou, G.P.** 1983. Management of Resistance in Arthropods. En: Gerorghiou, G.P.; Saito, T. ED. Pest. Resistance to Pesticides. New York. Plenum. p. 769-792.
4. **Georghiou, G.P., Mellon, R.B.** 1983. Pesticide Resistance in Time and Space. En: Goerghiou, G.P.; Saito. T. ed. Pest Resistance to Pesticide. New York. Plenum. p. 1-46.
5. **Gifap.** 1990. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) Report. Insecticide Resistance Action Committee (Irac) Report. Newsletter No. 5. Bruselas, Bélgica. p. 15-16.

6. **Hernández, D., Ferrer, F. Linares, B.** 1989. Introducción de *Telenomus remus* Nixon (Hym. Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep: Noctuidae) en Yaritagua-Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela). Vol. 39. nos. 4-6. p. 199.-205.
7. **Instituto Colombiano Agropecuario-ICA-**. 1990. Sección Investigación Básica Agrícola- Entomología. Bogotá (Colombia). Buen Parasitismo. Notas y Noticias Entomológica. (Colombia). Marzo - abril, p. 12.
8. ————. 1990. Sección Investigación Básica Agrícola-Entomología (Bogotá) Colombia. El Valle va ganando.. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia). Mayo, junio). p. 27.
9. ————. 1991. Sección Investigación Básica agrícola-Entomología (Colombia). Impresionante. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia. Noviembre-diciembre. p. 63.
10. ————. 1992. Sección de Investigación Básica Agrícola-Entomología. (Bogotá) Colombia. Muy bajo. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia). Marzo-abril. p. 19.
11. ————. 1992. Sección de Investigación Básica Agrícola Entomología. Bogotá (Colombia). Aumentó considerablemente. Notas y Noticias Entomológicas. (Colombia). Mayo-junio p. 27.
12. **Metcalf, R.I.** 1983. Implications and Diagnosis of Resistance to insecticides. En: Georghiou, G.P., Saito, T. ed. Pest Resistance to Pesticides. New York. Plenum. p 703 -733.
13. **Oppenoorth, F.J., Willing, W.** 1976. Biochemistry and Physiology of Resistance. En: Wilkinson, C.F. ed. Insecticide Biochemistry and Physiology. New York. Plenum. p. 507-551.
14. **Rossiter; M., Yendol. W.G., Ddubois N.R.** 1990. Resistance to *B. thuringiensis* in Gypy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae: Genetic and Environmental Causes). Journal of Economic Entomology (EU). Vol. 83. No. 5 p.2211-2218.
15. **Sawicki, R.M.** 1989. Current Insecticide management practices in cotton around the world-Short Time successes or Templates for the Future? Pesticide Science (Inglaterra) Vol. 26. p. 401-410.
16. **Tabashink, B.E., Cshing, N.L., Finson, N., Johnson, M.W.** 1990. Field development of Resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). Journal of Economic Entomology (EU) Vol. 83, No, 5 p. 1671-1676.
17. **Yu, J.S.** 1991. Insecticide Resistance in the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Pesticide Biochemistry and Physiology (EU). v. 39. p. 84-91.
18. **Zenner de Polania, I.** 1991. Manejo de resistencia de plagas a los insecticidas. En: Cardona, G.O. ed. Curso sobre manejo del algodonero. Buga. Marzo 13-15. 1991. ICA Regional 5 Palmira. P. 255-280.
19. ————, **Borrero Fonseca.** 1992. Panorama nacional de susceptibilidad de algunas plagas del algodonero a insecticidas. Agricultura Tropical (Bogotá). Vol. 29, No. 2. p. 83-95.
20. ————. 1992a Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) a diferentes formulaciones de *Bacillus thuringiensis* Berliner. Resúmenes. XIX Congreso Socolen, Manizales, julio 16-17, 1992. p. 81..