

ANÁLISIS DEL EFECTO DE DOS CULTIVARES TRANSGÉNICOS, ALGODÓN Y MAÍZ, SOBRE LA PRINCIPAL FAUNA BENÉFICA EN EL ESPINAL (TOLIMA)

ANALYSIS OF THE INFLUENCE ON THE MAIN BENEFICIAL FAUNA BY TWO TRANSGENIC CULTIVARS, COTTON AND CORN, AT EL ESPINAL (TOLIMA)

Ingeborg Zenner de Polanía¹
Guillermo Álvarez Alcazár²

RESUMEN

Durante tres años, se realizaron colectas y observaciones de campo y de laboratorio, con el fin de evaluar, de manera general, el efecto directo o indirecto que podrían tener los cultivares *Bt*, algodónero y maíz, sobre los enemigos naturales de las principales plagas de estos dos cultivos: el *Heliothis virescens* y el *Spodoptera frugiperda*. Se analizaron las poblaciones tanto de depredadores como de parasitoides, con el resultado esperado: las toxinas de *Bt*, el Cry1Ac y el Cry1Ab, incorporado respectivamente en el algodónero Bollgard® y el híbrido de maíz Yieldgard®, no ejercen efecto directo sobre las poblaciones de los insectos benéficos estudiados. La disminución de sus poblaciones, ya sea en los lotes comerciales sembradas con cultivos *Bt* como en los convencionales, se atribuye a la merma de presas y de huéspedes a causa de aplicaciones de insecticidas contra insectos plagas no controladas con los cultivares transformados y al control del *H. virescens* y *S. frugiperda* por las toxinas respectivas, incorporadas al algodónero y maíz. Se concluye que, si esta tendencia de disminución de determinadas especies de insectos benéficos continúa también en los lotes convencionales o “refugios”, el depredador coccinélido *Cycloneda* y los parasitoides *Cardiochiles* y *Meteorus*, se deben

considerar especies en peligro de vía de extinción, más aún si en el futuro se implementará el empleo de la segunda generación de cultivares transgénicos.

Palabras clave: Enemigos naturales, escasez presas, ausencia huéspedes, efecto insecticidas, toxinas *Bt*.

SUMMARY

During three years, field observations and laboratory studies were carried out in order to evaluate, in a general manner, the effect, direct or indirect, that cotton and maize *Bt* cultivars could have on the natural enemies of the two main insect pests of these plants, *Heliothis virescens* and *Spodoptera frugiperda*. Predator and parasitoid populations were analyzed, with the expected result: the *Bt* toxins, Cry1Ac and Cry1Ab incorporated, respectively, in the cotton cultivar Bollgard® and the maize hybrid Yieldgard® do not exercise a direct effect on the populations of the studied beneficial fauna. The decrease of their populations in commercial fields of both transgenic and conventional varieties is attributed to a decrease of prey and hosts, due to insecticidal applications against pests not controlled by the toxins and the control of *H. virescens* and *S. frugiperda* by the cotton and maize *Bt* cultivars, respectively. It was concluded, that if the tendency of decrease of certain beneficial insects continues also in the conventional fields or “refuge fields”, the coccinellid predator *Cycloneda*, and the parasitoids *Cardiochiles* and *Meteorus* should be considered endangered species, further more if in the future the second generation of transgenic cultivars will be implemented in the study area.

¹ I.A., Ph.D. Docente-Investigador, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Dirección para correspondencia: Calle 222 No. 55-37. Bogotá, D.C. e-mail: izenner@udca.edu.co

² I.A. Asistente Técnico particular. e-mail: aguillea42@hotmail.com

Key words: Natural enemies, prey scarcity, host absence, insecticidal effect, *Bt* toxins.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales inquietudes acerca del efecto de la implementación de los cultivos transgénicos en el trópico y subtrópico, donde se encuentra la mayor biodiversidad de fauna benéfica, corresponde a la posible consecuencia negativa que estos cultivares puedan ejercer sobre los enemigos naturales de los fitófagos y, por ende, sobre el frágil equilibrio actualmente existente en los ecosistemas naturales y los agroecosistemas.

Las siembras de algodón transgénico, se han incrementado de una manera drástica e insospechada. En el año 2000, en China, se sembraron 1.000.000ha y, en el 2002, India cultivó 10.000.000ha (Tabashnik *et al.* 2006). James (2004) citado por Ramírez-Romero *et al.* (2007) menciona que a nivel mundial, en el 2004, se sembraron aproximadamente 81 millones de hectáreas de algodón y maíz transgénico, de los cuales, un 23% correspondía a maíz genéticamente modificado. Estos incrementos del área de los cultivares transgénicos hacen especialmente necesario determinar su impacto sobre aquellas especies de insectos contra las cuales las toxinas *Bt* incorporadas no ejercen teóricamente un efecto (Andow & Hilbeck, 2004).

Entre los insectos benéficos, los depredadores, de manera indirecta, pueden estar, en teoría expuestos a la acción de la toxina del *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), al alimentarse de larvas de lepidópteros, plagas que sobreviven a la acción de la toxina, expresada en las plantas transgénicas. Sin embargo, un estudio realizado por Naranjo (2005) durante seis años, para evaluar el efecto de algodón *Bt* (*Cry1Ac*) sobre la abundancia de artrópodos depredadores, enemigos naturales de plagas que afectan el follaje, encontró que, en la mayoría de los casos, una reducción de las poblaciones de los benéficos se debió a la disminución de las poblaciones de sus presas. En cambio, Pilcher *et al.* (2005), al realizar estudios a gran escala en lotes sembrados con maíz transgénico, para determinar el posible efecto sobre la abundancia de depredadores generalistas, entre las cuales figuraban los coccinélidos (Coleoptera) *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda munda* y el antocórido (Heteroptera) *Orius incidiosus*, no encontraron diferencias significativas en

la abundancia de estas especies, entre maíz *Bt* y maíz convencional.

Los parasitoides, como las diversas especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que parasitan los huevos de las plagas y emergen de éstos, no serían afectados, ya que sus larvas se alimentan del embrión de su huésped. Sin embargo, aquellos que atacan a los huevos y emergen de las larvas, no tendrían la misma suerte, pues las larvas neonatas, las cuales son las más afectadas por la toxina no sobreviven y mueren junto con el parasitoide. Parasitoides de larvas, normalmente específicos, carecerán de huéspedes, si éstos son afectados por la toxina *Bt*, disminuyendo, por lo tanto, considerablemente sus poblaciones y su efecto sobre las plagas objetivo en siembras no transgénicas. Sisterson & Tabashnik (2005), simulando el efecto de cultivos transformados sobre parasitoides específicos, determinaron que la probabilidad de una pérdida del parasitoide aumenta a medida que el porcentaje del área sembrada con cultivares *Bt* y la rotación, entre cultivos *Bt* y no *Bt*, aumenta.

Seguimientos a poblaciones de insectos no objetivo de control por la proteína *Cry1Ab* en lotes de maíz transgénico revelaron, en general, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones presentes en lotes transgénicos y convencionales de maíz (ICA, 2007; Daly & Buntin, 2005).

Durante los años 70's hasta comienzos de los 90's, *H. virescens* fue la plaga más importante del cultivo del algodón, no solamente en Colombia, sino en todas las áreas cultivadas con esta especie vegetal-industrial en América. Fue el insecto responsable del mayor desastre económico del cultivo en muchas zonas del mundo, debido a sus altos niveles de resistencia a todos los insecticidas utilizados para su control, es decir, a su capacidad para evolucionar a poblaciones resistentes muy rápidamente (Alcaráz *et al.* 1990) Sin embargo, a finales de los 90's, este bellotero fue perdiendo importancia y su aparición se tornó esporádica y en bajas poblaciones, lo cual redujo, notoriamente, las aplicaciones para su control, llegando, incluso, a no reportar su presencia en algunas zonas de Colombia durante una o más temporadas, lo cual favoreció enormemente el auge de sus enemigos naturales (Alcaráz *et al.* 1990). En este contexto, los

mismos autores reportaron más de diez enemigos naturales de *H. virescens*, entre los cuales se destacan los parasitoides himenópteros *Trichogramma* spp. y *Cardiochiles nigriceps* Viereck y los depredadores del Orden Coleoptera, familia Coccinellidae, *Coleomegilla maculata* (DeGeer) y *Cycloneda sanguinea* L., y el Anthocoridae (Heteroptera) *Geocoris punctipes* Say.

Pero esta plaga ha exhibido una muy alta susceptibilidad a la toxina del cultivar transgénico sembrado en el país, ya que en el campo se llegan a detectar posturas pero, posteriormente, no se encuentran las larvas ni sus daños.

Si con la plaga anterior el algodón transgénico ha justificado su costo y su adopción, con el cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), la apreciación es todo lo contrario, ya que las poblaciones del mismo, desde que se iniciaron las siembras de estas variedades, se han incrementado a niveles y daños tan altos y económicos, que algunos técnicos y agricultores piensan que es inútil sembrarlas, ya que su control, bastante difícil y costoso, ha aumentado los costos de manejo de plagas, a niveles insostenibles. Además, no solamente esta especie ha multiplicado sus poblaciones, ya que el gusano rosquilla, *S. sunia* Guenée y el gusano mantequilla *S. ornithogalli* (Guenée), también han incrementado su presencia en el cultivo.

Pero, lo más importante de esta situación, la ausencia de control de *Spodoptera*, ha llevado a la resurgencia o posicionamiento de otras plagas, tales como áfidos (*Aphis gossypii* Glover), mosca blanca (*Bemisia* sp.), ácaros (*Tetranychus* spp.) y chinches (*Dysdercus* spp.), como consecuencia de las aplicaciones muy tempranas de insecticidas que se deben realizar para el control de la plaga. Estas aspersiones de agroquímicos influyen de manera muy negativa sobre la fauna benéfica, especialmente coccinelidos y parasitoides, como el *Chelonus*, que ayudarían no solamente a su control, sino también al de las otras plagas

El espacio dejado por unas plagas es ocupado por otras, de tal manera que los insectos chupadores, como los áfidos, la mosca blanca y las chinches y los ácaros, cada vez son más notorios y sus poblaciones aumentan con cada temporada y en especial, los dos primeros, lo cual ha hecho necesario recurrir a su control con insecticidas convencionales, generalmente muy costosos y a

los cuales estos insectos desarrollan rápidamente resistencia. Esto, fuera de indicar, hasta cierto punto, la ausencia de poblaciones adecuadas de enemigos naturales de estas plagas secundarias, empeora aún más la situación ya precaria de la fauna benéfica.

Los resultados de la presente investigación reflejan un análisis crítico de evaluaciones y colectas en campo y en laboratorio acerca del efecto sobre insectos benéficos, aparente o supuesto, directo e indirecto, de la siembra de cultivares transgénicos de algodón y maíz en la zona agrícola del municipio de El Espinal (Tolima).

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2005, 2006 y 2007, en el área rural del municipio de El Espinal (Tolima), situado en 4° 09' latitud norte y 74° 53' longitud oeste, a 431msnm, temperatura que oscila entre 26 y 29°C y una precipitación anual promedia de 1766,4mm, se realizaron observaciones y recolecciones periódicas en el cultivar de algodón transgénico Bollgard1®), en lotes convencionales sembrados como refugios y en hospederos alternos de las plagas *H. virescens* y *S. frugiperda*. A partir del segundo semestre del año 2006, se incluyeron para este fin, lotes sembrados con maíz transgénico Yieldgard® y parcelas de maíz convencional.

Se compararon las poblaciones de los principales insectos benéficos, observados en ambos lotes, recorriendo éstos mensualmente durante dos horas, en los primeros 60 días de edad de los cultivos. Durante este tiempo, se recolectaron posturas y larvas de diversos instares, material que se llevó al laboratorio de Biotecnología Agrícola de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, para la observación de la posible emergencia de parasitoides. Las condiciones de laboratorio correspondían a una temperatura promedia de 24,9°C y una humedad relativa de 70%. Los estados inmaduros fueron criados, ya sea sobre dieta artificial específica, para los dos insectos involucrados en el estudio, importada de Southland Products INC., Estados Unidos o sobre hojas del cultivar Bollgard®, en el caso de *S. frugiperda*.

Reconocimientos previos al inicio de las inspecciones de campo revelaron poblaciones muy bajas de enemigos naturales, tanto en los cultivos transgénicos como en los convencionales. Por esta razón, para

las observaciones de campo en ambos cultivares, se establecieron tres niveles sencillos: ausencia, escasez y presencia de adultos de las diversas especies benéficas. Como ocasional o escasa, se estableció de uno a 15 individuos encontrados y, un número mayor de 15, fue considerado como "presente". Las determinaciones, se realizaron contabilizando los adultos obtenidos por colecta directa para los depredadores y colecta con jama para los parasitoides himenópteros. Para parasitoides, en el laboratorio, un porcentaje de parasitismo entre el 1 y 5%, se tomó como ocasional y mayor del 5%, como "presente". Este porcentaje, se calculó para los parasitoides de los huevos y para las larvas de *H. virescens* y de *S. frugiperda*. Con el fin de evaluar el porcentaje de parasitismo ejercido por el parasitoide de huevos del bellotero, *Trichogramma* spp., se determinó su emergencia durante tres temporadas algodoneras de un total de 90 huevos, 30 por cosecha. Para el cálculo del porcentaje de parasitismo por el parasitoide huevo-larva *Chelonus insularis* Cresson del cogollero, se escogieron al azar 70 larvas neonatas, procedentes de 25 posturas recolectadas sobre algodón transgénico.

Para la interpretación de los resultados, se utilizó estadística descriptiva, expresada en los tres grados de presencia para adultos y en porcentajes de parasitismo para las evaluaciones realizadas en el laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parasitoides de huevos

Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), uno de los insumos naturales, producido y liberado con éxito contra *H. virescens*, no solamente en el Tolima, sino en todas las zonas algodoneras del país, en los años 80 (Amaya Navarro, s.f.), solamente se encontró, de manera ocasional, en refugios sembrados con algodón convencional. En lotes de Bollgard®, de los pocos huevos encontrados, no emergió parasitoide alguno (Tabla 1). Esta inexistencia no es atribuible al efecto directo del cultivo transgénico, sino a la escasez de posturas del bellotero y, ante todo, a la no liberación masiva del insecto benéfico en los lotes convencionales. Las bajas poblaciones de *H. virescens* y las pocas posturas en los refugios durante los primeros 60 días de germinado el algodonero, aunque permiten la existencia esporádica del parasitoide, determinaron, durante las últimas tres temporadas, solamente un promedio de

2,35% de parasitismo. Además, se visualiza la posibilidad de que la práctica inexistencia natural de este parasitoide de huevos, se puede deber a la ausencia de otros huéspedes, como por ejemplo de *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), plaga susceptible al Cry1Ac y también a las frecuentes aplicaciones contra *S. frugiperda* (Tabla 2), no afectado por la toxina.

Fernandes (2003) crió a *T. atopovirilia* (Oatman & Platner) en posturas de *S. frugiperda* procedentes de larvas alimentadas con follaje de MON810, en comparación con aquellas procedentes de maíz convencional, encontrando que la calidad nutricional de ambos tipos de huevos aparentemente fue igual, es decir, no observó efecto alguno sobre el parasitismo por el Cry1Ab. Este resultado sugiere que liberaciones de *T. atopovirilia* podrían contribuir al manejo del cogollero del maíz en cultivares transgénicos.

ICA (2007), al comparar la captura de artrópodos en lotes de maíz Yieldgard y en parcelas convencionales en el departamento del Tolima, no observó entre los cultivares diferencia significativa de las poblaciones de *Trichogramma* sp.

Telenomus remus Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) es considerado uno de los parasitoides de huevos más eficientes del *S. frugiperda*. Fue criado masivamente y liberado en el Tolima en años anteriores y, en la actualidad, se puede conseguir, en forma comercial, en el departamento del Meta. Este controlador natural es considerado nativo de Sarawak y Nueva Guinea, de donde se introdujo primero a Israel, para el manejo de *S. littoralis* (Boisduval) y luego a Trinidad y Tobago, para el control de *S. frugiperda* (Wojcik *et al.* 1976). A Colombia llegó posteriormente procedente de Venezuela.

En este trabajo, la observación en el laboratorio de más de 50 posturas del cogollero, cada una con más de 100 huevos, colectadas tanto en algodón transgénico como en algodón convencional y en ambos tipos de maíz, dio como resultado su ausencia total (Tabla 1) en el área de El Espinal. Esta desaparición tampoco pudo ser ocasionada por la siembras de los dos organismos, genéticamente modificados, ya que la especie fue igualmente inexistente en los cultivares convencionales. Se asume que la falta de liberaciones es la causante de la carencia de este parasitoide, no nativo, el cual probablemente no se adaptó a nuestras condiciones

Tabla 1. Existencia de enemigos naturales: antes del inicio de las siembras de cultivares transgénicos y en cultivares transgénicos y refugios (*registros previos).

ALGODÓN	Parasitoide	Depredador	Presencia*	Referencia	Obs. actuales Bollgard	Refugios
<i>Heliothis virescens</i>	<i>Cardiochiles nigriceps</i>		X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Presente en larvas en <i>Desmodium</i>	Ausente
	<i>Trichogramma</i>		X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Ausente	Ocasional
		<i>Coleomegilla</i>	X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Presente	Presente
		<i>Cycloneda</i>	X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Ocasional	Ocasional
		<i>Geocoris</i>	X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Ausente	Ausente
<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Chelonus insularis</i>		X	Zenner <i>et al.</i> 2006 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Presente	Presente
	<i>Meteorus laphygmae</i>		X	Posada & García, 1976 Alcaráz <i>et al.</i> 1990	Ausente	Ausente
MAÍZ					Yieldgard	
	<i>Telenomus remus</i>		X	Zenner & Borrero, 1992	Ausente	Ausente
	<i>Chelonus insularis</i>		X	Zenner <i>et al.</i> 2006	Presente	Presente
	<i>Meteorus laphygmae</i>		X	Posada & García, 1976	Ocasional	Ocasional
		<i>Coleomegilla</i>	X	Posada & García, 1976	Ocasional	Ocasional
		<i>Cycloneda</i>	X	Posada & García, 1976	Ocasional	Ocasional

Tabla 2. Número de aplicaciones semestrales de insecticidas en algodónero *Bt* y convencional.

Grupo Insecticida	2005		2006		2007		Plagas a controlar
	Bt	no Bt	Bt	no Bt	Bt	no Bt	
Organofosforados (OP)	2-4	2-4	2-4	2-4	3-8	3-8	<i>S. frugiperda</i> , <i>Anthonomus grandis</i>
Piretroides+OP	2	2	2-3	2-3	2-3	2-3	<i>Spodoptera</i>
Carbamatos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	<i>Spodoptera</i>
Neonicotinoides	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	<i>Aphis gossypii</i> , mosca blanca, Picudo y otros

agroclimáticas. Igualmente, se podría atribuir su ausencia a los tratamientos tempranos con insecticidas. Una especie de *Telenomus* sí fue recolectada utilizando el jameo por ICA (2007), en dos parcelas sembradas con Yieldgard y su isohíbrido de maíz convencional.

C. insularis (Hymenoptera: Braconidae), un parasitoide huevo-larva, es uno de los enemigos naturales de *S. frugiperda* criado con más frecuencia de larvas procedentes del cogollero, en el departamento del Tolima. De las 70 larvas neonatos, alimentadas con follaje del cultivar Bollgard, se siguió el desarrollo a 63. El progreso inicial fue normal, pero durante el III instar, se comenzó a observar un comportamiento anormal. Todas las larvas lograron entrar al cuarto instar al cabo de cuatro días en promedio. Luego, sin embargo, dejaron de alimentarse, se encogían y construían un tipo de celda, como para iniciar una la transformación prematura en pupa. Inicialmente, se pensaba en un posible efecto de la toxina del *Bt*, pero al cabo de los 14 días de eclosión de los huevos, se constató que estaban parasitadas por *C. insularis*. El porcentaje de parasitismo fue del 90,47%; las larvas no parasitadas siguieron su desarrollo normal, llegando hasta la emergencia de los adultos.

Los primeros adultos del parasitoide emergieron a los 27 días del inicio de las observaciones, lo cual coincide con datos obtenidos por Medina *et al.* (1988), quienes indican que el ciclo del *C. insularis* corresponde a 29,05 días de huevo a la emergencia del adulto. Un 83,60% de los parasitoides alcanzó el estado adulto, lo cual indica que la alimentación de las larvas ya parasitadas de *S. frugiperda*, con tejido fresco de algodón transgénico, cotiledones y hojas terminales, no tuvo efecto negativo sobre el desarrollo normal del parasitoide.

El estudio realizado por ICA (2007) al evaluar la presencia de artrópodos, entre ellos la de *Chelonus* sp., en parcelas sembradas con el híbrido transgénico de maíz y su isohíbrido convencional, dio como resultado una recolección por jameo de un escaso número del parasitoide y la ausencia de diferencia significativa entre los dos lotes. Esta baja población encontrada, se debió probablemente a la escasez de posturas de *S. frugiperda* en el maíz transgénico y al muestreo solamente durante los primeros 60 días del cultivo.

Chelonus insularis es uno de los parasitoides más eficientes del cogollero del maíz y se encuentra distribuido

desde el norte de la Argentina hasta el sur de Estados Unidos (Ashley, 1983; Cruz *et al.* 1991; Fernández & Clavijo, 1984). La ausencia de un efecto negativo de la toxina del *Bt* incorporada al algodón, del cual se alimenta su huésped el cogollero del maíz, sobre el desarrollo del parasitoide es positivo, pero se debe, primordialmente, a la dosis subletal en el follaje, la cual no ocasiona la muerte de la plaga. Si la mortalidad de la plaga hubiese sido alta, lo mismo hubiera ocurrido con el insecto benéfico. El cultivar Yieldgard que sí controla satisfactoriamente a las larvas neonatos del cogollero representa, por lo tanto, un peligro eminente para *C. insularis*.

La ausencia del efecto de una formulación comercial del *Bacillus thuringiensis*, la cual contenía las toxinas Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2A y Cry2B (Lui & Tabashnik, 1997), sobre *C. insularis* fue encontrada por Zenner *et al.* (2006); la sola presencia en el Bollgard del Cry1Ac, toxina que no controla satisfactoriamente a las larvas del *S. frugiperda* (Zenner de Polanía *et al.* 2005), hace que el desarrollo del enemigo natural sea normal.

Parasitoides de larvas

La avispa roja, *Cardiochiles nigriceps* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) es considerada uno de los enemigos naturales más importantes de *H. virescens* en las Américas. Aunque una larva parasitada se alcanza a alimentar hasta llegar al quinto instar, solamente consume un 30% de lo que consume una larva no parasitada (Alcaráz *et al.* 1990). Este parasitoide únicamente se logró criar a partir de larvas de *Heliothis* recolectadas sobre plantas de pega-pega, *Desmodium* en el C.I. Nataima (CORPOICA, El Espinal), en los años 2005 y 2007. Procedentes del C.I. Nataima, en noviembre de 2005, se criaron en el laboratorio 121 larvas de segundo y tercer instar, observándose un 99,7% de parasitismo; en el año 2007, el parasitismo en larvas recolectadas bajo las mismas condiciones anteriores disminuyó considerablemente y solo alcanzó un 28,3%.

La ausencia del parasitoide en larvas sobrevivientes que se desarrollaron sobre el Bollgard® y simultáneamente en larvas en los refugios, no es atribuible al efecto del Cry1Ac del *Bt*; se asume que se debe a la práctica ausencia de la plaga en los últimos años, al efecto negativo sobre el *Heliothis* del cultivar transgénico y a las aplicaciones de insecticidas (Tabla 2), tanto en el

transgénico como en los refugios contra otras plagas que afectan al algodón, principalmente el cogollero, áfidos, mosca blanca y picudo.

Otro parasitoide de *S. frugiperda*

ICA (2007), entre sus conteos, tuvo en cuenta una especie de *Cotesia* (Hymenoptera: Braconidae). La especie más abundante en nuestro medio, *Cotesia marginiventris* (Cresson), es un endoparasitoide de larvas de primero y segundo instar de *S. frugiperda* (Ashley *et al.* 1982). Las capturas de adultos del parasitoide registrados por ICA (2007) muestran, como en los otros casos de parasitoides, la ausencia de una diferencia significativa del número de adultos colectados por jameo en las parcelas con y sin plantas transgénicas. Un estudio realizado por Ramírez-Romero *et al.* (2007), quienes evaluaron el efecto del Cry1Ab, al exponer al parasitoide a la proteína purificada y a larvas del cogollero alimentadas con maíz transgénico, mostró, en general, que la cualidad como huésped del parasitoide de larvas de *S. frugiperda*, se redujo considerablemente. Esta cualidad fue expresada como peso y tamaño de las larvas, debido a los efectos deletéreos de la proteína sobre la supervivencia, peso y tiempo de desarrollo dentro de los seis días de exposición del cogollero del maíz.

Depredadores

Los depredadores más abundantes registrados en años anteriores a 1990, en el Departamento del Tolima, fueron: los coccinélidos (Coleoptera) *Coleomegilla maculata* (DeGeer) y *Cycloneda sanguinea* L., tanto en el algodón como en el maíz, consumiendo las larvas y los adultos de plagas, preferiblemente áfidos y, además, larvas pequeñas de todo tipo de lepidópteros de la familia Noctuidae. Igualmente, en el algodón, era frecuente encontrar a *Geocoris punctipes* Say (Hemiptera: Lygaeidae), alimentándose de huevos y larvas pequeñas de *Heliothis* (Posada & García, 1976; Alcazár *et al.* 1990).

Como se puede observar en la tabla 1, tanto en el algodón como en maíz, la población de *Cycloneda*, se considera escasa, lo cual se puede atribuir a la ausencia de sus presas, por lo menos, en los cultivares transgénicos. Los áfidos que podrían suplir esta deficiencia en el algodón son controlados químicamente, con productos que también afecta a los depredadores,

ante todo los neonicotinoides (Tabla 2). En los refugios también se aplican insecticidas, lo cual puede explicar las bajas poblaciones. Se considera que la ausencia total de *Geocoris* en algodón *Bt* es atribuible a la desaparición o escasez de huevos y larvas pequeñas de Heliothine.

Referente a *Coleomegilla*, en el algodón, esta ocurriendo un fenómeno muy especial. Las colectas en campo durante este estudio mostraron poblaciones altas a pesar de las aplicaciones tempranas de insecticidas, como fosforados, carbamatos, piretroides y otros (Tabla 2). La presencia del depredador es muy notoria, al punto que se podría pensar que éste ha desarrollado tolerancia a estos grupos químicos. Es posible encontrarlo, tanto en estado larval como en estado adulto, después de cualquier aplicación, en algodón *Bt*, como en el cultivar convencional. Además, se sospecha que esta "resistencia" le ha servido para "disminuir", por competencia, a *Cycloneda*, el cual, en el mismo contexto, casi que ha desaparecido.

En el maíz, ocurre lo contrario, adultos de *Coleomegilla*, solamente se detectan en forma ocasional, debido a la ausencia de presas. Esto, coincide con el estudio realizado por ICA (2007), el cual muestra un número insignificante, estadísticamente igual, de *Coleomegilla* sp., en parcelas de Yieldgard y su isohíbrido convencional de maíz en la misma zona de estudio.

Resultados similares fueron encontrados por Torres & Ruberson (2005), quienes evaluaron los contrastes entre las poblaciones de depredadores en lotes transgénicos y no transgénicos de algodón durante tres temporadas. Mencionan una mayor abundancia de *C. maculata* en algodón *Bt* durante dos temporadas y lo opuesto para otro coccinélido, el *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, no existente en el Tolima. Atribuyen los cambios en abundancia de los coccinélidos entre el algodón *Bt* y no *Bt*, ante todo al uso de insecticidas. Además, encontraron que el algodón convencional favorece las poblaciones de *Geocoris uliginosus* (Say), en comparación con el algodón *Bt*.

Hagerty *et al.* (2005) incluyeron para sus evaluaciones sobre artrópodos depredadores al algodón Bollgard II. Obtuvieron como resultado que las poblaciones de los depredadores, incluyendo *Geocoris*, *Orius*, *Nabis* (Heteroptera) y coccinélidos (Coleoptera), entre otros, fueron consistentemente tan o más altos en lotes de

Algodón *Bt* y *Bt* II. Este hecho lo atribuyeron los autores a que todos estos depredadores importantes en estos sistemas agrícolas son generalistas y no solamente dependen de presas compuestas por poblaciones de insectos plagas controladas por las toxinas incluidas en Bollgard y Bollgard II.

En nuestros casos, se asume que el papel que podrían jugar los depredadores en los cultivares transgénicos y no transgénicos, tanto de algodón como de maíz, se ve truncado por la escasez de presas, debido a las aplicaciones de insecticidas químicos contra insectos plagas no controladas por las toxinas del *B. thuringiensis*. Sisterson *et al.* (2007) afirman al respecto que, la primera generación de plantas genéticamente modificadas, que poseen una sola toxina *Bt*, causan poco o ningún daño a los artrópodos benéficos, pero cultivares de plantas transgénicas con múltiples toxinas *Bt* y toxinas novedosas, sí podrían ser dañinos a estos enemigos naturales.

CONCLUSIONES

La práctica ausencia de los enemigos naturales, tanto depredadores como parasitoides en los cultivares transgénicos de algodón y de maíz, no se puede atribuir a las toxinas Cry1Ac y Cry1Ab, presentes, respectivamente, en las dos especies vegetales. Los dos parasitoides de huevos, *Trichogramma* y *Telenomus* no pueden ser afectados por las toxinas, pero sí por aplicaciones de insecticidas. Igualmente, la escasez general de los parasitoides de larvas de *H. virescens* y de *S. frugiperda*, se puede atribuir a estas aplicaciones contra las plagas no afectadas por la toxina en el algodón transgénico y, además, a la ausencia de una disponibilidad de larvas aptas para ser parasitadas.

Por el momento, persiste la necesidad de las aplicaciones tan tempranas para el control de *Spodoptera*, debido a la poca o ninguna acción del algodón *Bt* sobre la plaga, lo cual seguirá influyendo negativamente sobre la presencia de hospederos o presas de los enemigos naturales.

La presencia, solamente ocasional de los dos coccinélidos depredadores en maíz *Bt*, se puede interpretar como la ausencia de un número adecuado de presas, tanto en el cultivo transgénico como en el convencional. La posibilidad de que *Coleomegilla* haya adquirido

tolerancia a los insecticidas químicos, abre otra puerta para su empleo como controlador biológico, ante todo en épocas tempranas del algodón. Sin embargo, *Cycloneda* se podría convertir a la larga en organismo en vía de extinción, por lo menos a nivel local. Esta misma preocupación, se debe tener respecto a los parasitoides *Cardiochiles* y *Meteorus*.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARÁZ, H.; CARDONA, C.; RENDÓN, F.; REVELO, R.; HERRERA, M.; ÁLVAREZ, A.; SIABATO, A. 1990. Entomología. En: Álvarez A., G. Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. 4ª ed. Federación Nacional de Algodoneros. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá. p.383-541.
- AMAYA NAVARRO, M. s.f. El *Trichogramma* spp. Producción, uso y manejo en Colombia. Impresos Técnicos Litográficos, Buga (Colombia). 184p.
- ANDOW, D.A.; HILBECK, A. 2004. Science based risk assessment for nontarget effects of transgenic crops. Bioscience. 54:637-649.
- ASHLEY, T.R. 1983. Growth pattern alterations in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* larvae after parasitization by *Apanteles marginiventris*, *Campoletis grioti*, *Chelonus insularis*, and *Eiphosoma vitticole*. The Florida Entomologist 66(2):260-266.
- ASHLEY, T.R.; WADILL, V.H.; MITCHEL, E.R. 1982. Impact of native parasites on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in South Florida and release of the exotic parasite, *Eiphosoma vitticole* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Environ. Entomol. 4(4):833-837.
- CRUZ, I.; REZENDE, M.A.A.; DELLA LUCIA, T.M.C. 1991. Biología de *Chelonus (Chelonus) insularis* (Cresson, 1865), parasitóide de ovo/lagarta de *Spodoptera frugiperda*. En: Memorias Congreso Brasileiro de Entomología. Recife. Sociedade Entomológica do Brasil. 264 p.
- DALY, T.; BUNTIN, G.D. 2005: Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for for lepidopteran control on nontarget arthropods. Environ. Entomol. 34(5)1292-1301.

- FERNANDES, O.D. 2003. Effect of genetically modified corn (MON810) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1997) and on egg parasitoid *Trichogramma* spp. Tesis de Doctorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Disponible desde Internet en: file:///G:/Efeito domilhogeneticament emodificado(Mon810)emSpodoptera__.htm (con acceso 27/10/07).
- FERNÁNDEZ B., R.; CLAVIJO A., S. 1984. Efecto de dos insecticidas (uno químico y otro biológico) sobre el parasitismo observado en larvas de *Spodoptera frugiperda* (S.) provenientes de parcelas experimentales de maíz. Rev. Fac. Agronomía (Maracay, Venezuela). 13(1-4): 101-109.
- HAGERTY, A.M.; KILPATRICK, A.L.; TURNIPSEED, S.G.; SULLIVAN, M.J.; BRIDGES, W.C. 2005. Predaceous arthropods and Lepidopteran pests on conventional, Bollgard and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. Environ. Entomol. 34(1):105-114.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 2007. Resultados de la evaluación del efecto de la tecnología Yieldgard® sobre poblaciones de artrópodos en el cultivo del maíz en las subregiones del Caribe húmedo colombiano y Alto Magdalena. Subgerencia de Protección y Regulación Agrícola. 41p.
- LIU, Y.B.; TABASHNIK, B.E. 1997. Experimental evidence that refuges delay insect adaptation to *Bacillus thuringiensis*. Proc. Royal Soc. London B. 264:605-610.
- MEDINA T., M.C.; DÍAZ C., P.; LUQUE Z., J.E.; SIABATTO P.A. 1988. Ciclo de vida y descripción de *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parásito de *Spodoptera* spp. Rev. Col. Entomol. 14(1):13-21.
- NARANJO, S.E. 2005. Long term assessment of the effect of transgenic *Bt* cotton on the abundance of nontarget arthropod natural enemies. Environ. Entomol. 34(5):1193-1210.
- PILCHER, C.D.; RICE, M.E.; OBRYCKI, J.J. 2005. Impact of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and crop phenology on five nontarget arthropods. Environ. Entomol. 34(5):1302-1316.
- POSADA O., L.; GARCÍA R., F. 1976. Lista de predadores, parásitos y patógenos de insectos registrados en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá, Boletín Técnico No. 41. 90p.
- RAMÍREZ-ROMERO, R.; BERNAL, J.S.; CHAUFFAUX, J.; KAISER, L. 2007. Impact assessment of *Bt*-maize on a moth parasite, *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae), via host exposure to purified Cry1Ab protein or *Bt*-plants. Crop Protection. 26:953-962.
- SISTERSON, M.S.; CARRIÈRE, Y.; DENNEHY, T.J.; TABASHNIK, B.E. 2007. Nontarget effects of transgenic insecticidal crops: implications of source-sink population dynamics. Environ. Entomol. 36(1):121-127.
- SISTERSON, M.S.; TABASHNIK, B.E. 2005. Simulated effects of transgenic *Bt* crops on specialist parasitoids of target pests. Environ. Entomol. 34(4):733-742.
- TABASHNIK, B.E.; BIGGS, R.W.; FABRICK, J.A.; GAS-SMANN, A.J.; DENNCHY, T.J.; CARRIERE, Y.; MORIN, S. 2006. High-level resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ac and cadherin genotype in pink bollworm. J. Econ. Entomol. 99(6):2125-2131.
- TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. 2005. Canopy- and ground-dwelling predatory arthropods in commercial *Bt* and non-*Bt* cotton fields: patterns and mechanisms. Environ. Entomol. 34(5):1242-1256.
- WOJCIK, B.; WHITCOMB, W.H.; HABEXK, D.H. 1976. Host range testing of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). The Florida Entomol. 59(2):195-198.
- ZENNER, I.; ÁLVAREZ, A.; BARRETO, S. 2006. Influence of parasitism by *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) on the susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides. Neotropical Entomol. (Brasil). 35(6):818-822.

ZENNER DE POLANÍA, I.; ÁLVAREZ R., J.A.; MEJÍA C., R.; BAYONA R., M.A. 2005. Influencia de la toxina Cry1Ac del *Bacillus thuringiensis* sobre el desarrollo del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 8(2):129-139.

tera frugiperda a algunos insecticidas y su manejo. En: Memorias Seminario Internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz, sus principales plagas y enfermedades. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Edit. Produmedios. p.35-41.

ZENNER DE POLANÍA, I.; BORRERO-FONSECA, F. 1992. Resistencia del cogollero del maíz, *Spodop-*

Recibido: Noviembre 26 de 2007

Aceptado: Abril 29 de 2008