

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluation of two trademarks of the sex pheromone *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Tolima (Colombia)

Evaluación de dos marcas comerciales de la feromona sexual de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en el Tolima, (Colombia)

Jhon Alexander Agudelo H.¹, Oscar Santos Amaya², Elizabeth Aguilera Garramuño³, Jorge Argüelles-Cárdenas³

ABSTRACT

We evaluated the efficiency and the field half-life of two pheromones for the sexual attraction of adult males of the species *S. frugiperda* in the department of Tolima, Colombia during the first half of 2008. The pheromone trademarks used were ChemTica from Costa Rica and Pherobank from The Netherlands. We used a randomized block design with three treatments (two brands of pheromones and a control) and 4 replications (blocks) for a total of 12 sampling units. The traps were installed in a cotton crop at the beginning of the reproductive stage and were evaluated three times a week. We used analysis of variance to detect differences between treatments and the Tukey mean comparison test to characterize them. Significant differences between the treatments were observed ($P \leq 0.05$), the brand ChemTica presented with the best results, with an average catch of 25.79 adults per trap per day, compared to 1.58 with Pherobank and 0.417 in the control. The results were consistent across all blocks and persistent over time. The half-life of the pheromone ChemTica was 50 days in the field at 30°C with 23.3 mm of rainfall and prevailing winds predominately from the south and southwest at 2.5 m s⁻¹.

Keywords: intereference, cotton, traps, capture, ChemTica, Pherobank.

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia y la vida media en campo de dos feromonas de atracción sexual para machos adultos de *S. frugiperda* en el departamento del Tolima, Colombia durante el primer semestre del año 2008. Las feromonas correspondieron a las marcas comerciales ChemTica de origen costarricense y Pherobank de origen Holandés. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos (dos marcas de feromonas y un testigo) y 4 repeticiones (bloques), para un total de 12 unidades de muestreo. Las trampas se instalaron en un cultivo de algodón al inicio de la etapa reproductiva y fueron evaluadas tres veces por semana. Se utilizó un análisis de varianza para detectar diferencias entre tratamientos y la prueba de comparación de medias de Tukey para caracterizarlos. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), siendo la marca ChemTica que presentó el mejor comportamiento, con un promedio de captura de 25,79 adultos por trampa por día, en comparación con 1,58 de Pherobank y 0,417 del control. Los resultados fueron consistentes en todos los bloques y persistentes en el tiempo. La vida media de la feromona ChemTica fue de 50 días en campo a 30°C, con 23,3 mm de pluviosidad y una velocidad de los vientos predominantes del sur y sur oeste a 2,5 m s⁻¹.

Palabras clave: interferencia, algodón, trampas, captura, ChemTica, Pherobank.

INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), es un insecto tropical endémico del hemisferio occidental que se extiende desde Argentina hasta Norteamérica (López *et al.*, 1999; Pashley *et al.*, 2004; Martinelli *et al.*, 2007), y se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm (Westbrook y Sparks, 1986). Es una especie polífaga que se alimenta de más de 60 especies de plantas, tanto cultivadas como silvestres, siendo las gramíneas los hospederos primarios (Mitchell *et al.*, 1989). Esta especie puede llegar a ser limitante en la producción de maíz, sorgo y pastos a lo largo de su área de distribución (Malo *et al.*, 2001). En Colombia, *S. frugi-*

Fecha de recepción 2010-05-31
Fecha de aceptación 2010-08-19

¹ Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. jhonalexander1380@yahoo.com

² Universidad Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. santosamaya@gmail.com

³ Centro de Investigación Tibaitata, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Mosquera, Colombia. eaguilera@corpoica.org.co/jarguelles@corpoica.org.co

perda es reconocida como una plaga primaria en el cultivo de maíz en la gran mayoría de las zonas productoras, debido a que puede generar pérdidas económicas hasta del 35% (Torres y Cotes, 2005) y como una plaga secundaria en los cultivos de algodón, caña de azúcar, arroz, sorgo y pastos (García *et al.*, 2002). Sin embargo, en el departamento del Tolima, esta especie, además de impactar económicamente los hospederos primarios (gramíneas), es objeto de control en los cultivos de algodón (Álvarez y Sánchez, 1983), incluyendo materiales genéticamente modificados (Cry1Ac) que se están sembrando desde 2003 (Santos *et al.*, 2009; Zenner de Polania *et al.*, 2008). A éstos materiales se le ha introducido el gen Cry1Ac Bollgard (Monsanto Company, St. Louis, USA) (Rodríguez *et al.*, 2005), proteína que controla eficientemente especies como *Heliothis virescens* (Fabricius) y *Helicoverpa zea* (Boddie) (Jackson *et al.*, 2003), pero no *S. frugiperda* (Garczynski *et al.*, 1991; Bohorova *et al.* 1997; Ayra-Pardo *et al.*, 2006). Resultados corroborados en Colombia en condiciones de laboratorio por Zenner de Polania *et al.* (2008); Díaz y Montenegro, (2003) y en campo por Santos *et al.* (2009).

Actualmente más del 80% del área aldonera del país se siembra con la tecnología Cry1Ac (Bollgard®, Monsanto) (AGRO-BIO, 2009). En algunas de estas áreas estos materiales transgénicos de algodón en el semestre de veda se están rotando con maíz transgénico y/o convencional. El Instituto Colombiano Agropecuario – ICA (2007), autorizó la realización de siembras controladas con variedades de maíz Bt resistentes al ataque de insectos lepidópteros. Las plantas genéticamente modificadas aprobadas corresponden a los maíces Yieldgard (Monsanto) y Herculex (Dow AgroSciences) (AGRO-BIO, 2009). Estos materiales también forman parte de la primera generación de materiales transgénicos (Bt), sobre los cuales existen reportes que los insectos objetivos adquirirán resistencia en corto tiempo, entre ellos *S. frugiperda* (Jenkins, 1999).

La cobertura espacial y temporal de éstos materiales y la incertidumbre de la respuesta de *S. frugiperda* a los materiales genéticamente modificados justifica la necesidad de buscar y evaluar nuevas alternativas de seguimiento y control de ésta especie. Una de las alternativas viables por costos y facilidad de implementación son las trampas con feromonas sexuales (Adamczyk *et al.*, 2003). Las feromonas de los lepidópteros se han utilizado exitosamente para hacer seguimiento, capturas en masa y también para interrumpir el apareamiento (Wyatt, 1998). En el manejo integrado de plagas también se ha utilizado para la evaluación y control de poblaciones (Carde y Elkinton, 1984) ya que permite hacer estimaciones relativas del tamaño activo de la población objetivo para orientar la toma de decisiones (Izquierdo, 1994).

Sekul y Cox, (1967) encontraron que las hembras del cogollero *S. frugiperda* producen una feromona en el último segmento abdominal que excita sexualmente a los machos pero fueron Sekul y Sparks (1967) quienes aislaron por primera vez la sustancia (Z)-9-tetradecenyl-1-ol-acetato (Z-9-TDA) como feromona de *S. frugiperda*. Sin embargo en 1976 los mismos autores identificaron otra sustancia (Z)-9-dodecenyl-1-ol-acetato (Z-9-DDA) la cual es componente de la feromona sexual de *S. frugiperda* (Sekul y Sparks, 1976).

Actualmente hay una amplia oferta de feromonas comerciales disponibles para *S. frugiperda* producidas en Europa y América. Estas feromonas tienen cuatro componentes básicos: (Z)-9-tetradecenil-1-olacetato, (Z)-9-14: Ac; (Z)-7-dodecenil-1-ol acetato, (Z)-7-12: Ac; (Z)-9-dodecenil-1-ol-acetato, (Z)-9-12:Ac y (Z)-9-11-hexadecenil-1-ol acetato, (Z)-11-16:Ac. En una relación de 81,0:0,5:0,5:18,0 (Tumlinson *et al.*, 1985). La feromona *ChemTica* es una de las marcas más reportadas en Latinoamérica y ha mostrado ser eficiente en México (Malo, 2001), Costa Rica (Andrade *et al.*, 2000) y Brasil (Batista *et al.*, 2006), entre otros países. Por otro lado, la feromona *Pherobank* ha sido eficiente en la captura de *S. frugiperda* en algunos países Europeos (Ostrauskas, 2003). Sin embargo, se plantea que hay variación geográfica intraespecífica en la composición de las feromonas extraídas de hembras vírgenes de *S. frugiperda* que explican la variabilidad en la respuesta y eficiencia de las diferentes marcas de feromonas, principalmente de las norteamericanas y europeas en las zonas tropicales (Batista *et al.*, 2006).

En Colombia solo se han utilizado feromonas para registrar la actividad de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa (Bosa *et al.*, 2005), el picudo negro (Germar, 1824) y el picudo rayado *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier, 1807) (Coleoptera: Dryophthoridae) en plátano (Gómez, 2001) y el picudo del aldonero *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en algodón (Lobatón, 2004). El único registro previo en este tema para *S. frugiperda* se limita a un reporte técnico de Fedearroz (Pérez, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar en campo dos feromonas sexuales sintéticas comerciales para *S. frugiperda* con el fin de buscar nuevas alternativas de seguimiento y manejo de esta especie en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación Nataima (Espinal, Colombia). Se utilizó un diseño bloques (n=4) al azar con tres tratamientos: una feromona costarricense

(ChemTica), una holandesa (Pherobank) y un testigo (trampas sin feromonas) para un total de 12 unidades experimentales.

La feromona costarricense tiene una presentación a base de gel y la holandesa en corcho. Las trampas se diseñaron de acuerdo con las especificaciones de la casa comercial ChemTica que consisten en tarros plásticos blancos de un galón con dos aberturas laterales de 7 x 15 cm y un fondo de al menos 15 cm (ChemTica, 2000). Los tratamientos se establecieron en un lote de algodón de 15 ha en estado reproductivo (100 días después de la emergencia). Las trampas se instalaron en estacas de madera por encima del dosel del cultivo (1,50 m), la distancia entre trampas fue de 200 m, la revisión de las trampas se llevo a cabo cada 3 días. Las feromonas se suspendieron de la tapa del recipiente y como agente retenedor de los insectos se utilizó una dilución de jabón (10 g/galón de agua). Esta dilución se reemplazó semanalmente. El material colectado se procesó en el laboratorio y la identificación de los machos de *S. frugiperda* se basó en el color de las escamas de las alas y en la morfología del sistema reproductor (Zagatti *et al.*, 1995). Los insectos no objetivo fueron identificados hasta familia y en pocos casos hasta género. El registro en campo se mantuvo hasta que se suspendieron las capturas en todos los tratamientos después de dos meses de establecido el ensayo. Durante el estudio se registró la temperatura, pluviosidad, la velocidad y dirección del viento.

Para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (Anava) y la prueba de comparación de medias de Tukey para caracterizar los tratamientos. Para el análisis de los datos se utilizó el procedimiento GLM, disponible en el programa estadístico SAS (SAS Institute 2007). Se realizaron correlaciones entre las lecturas y las variables ambientales registradas. Las variables de respuesta fueron número de individuos por especie, trampa y fecha. Las correlaciones se realizaron utilizando el coeficiente de Pearson y el procedimiento CORR disponible en el programa estadístico SAS (SAS Institute 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de estudio (51 días y se hicieron 21 lecturas) la temperatura promedio fue de 30,26°C, la pluviosidad de 23,3 mm y predominaron los vientos del sur y sur oeste con una velocidad promedio de 2,5 m s⁻¹. No se registraron diferencias en el promedio de capturas por lectura entre Pherobank y el testigo, pero sí entre éstos tratamientos y Chemtica ($P \leq 0,05$).

Las diferencias fueron significativas ($P \leq 0,05$) hasta la lectura número 14 que representa 32 días de tratamiento

(alrededor de 5 semanas) (tabla 1). Existen registros en maíz de este tipo de feromonas para *S. frugiperda* que indican que las mayores capturas promedio se registran hasta la sexta semana (Salas, 2001).

Tabla 1. Análisis de varianza del promedio de capturas de *S. frugiperda* por tratamiento y fecha de muestreo ($P \leq 0,05$)

Lectura	Promedio de captura por trampa por tratamiento			Días de exposición
	ChemTica	Pherobank	Testigo	
1	20,5 a	2 b	0,75 b	2
2	56 a	2 b	1 c	4
3	25,75 a	2,25 b	0,25 b	6
4	27 a	1,5 b	0 b	8
5	5,5 a	0,75 b	0 b	10
6	2,6 a	0 b	0 b	13
7	12,8 a	0,75 b	0,25 b	15
8	24,5 a	1 b	0 b	19
9	29,5 a	0,5 b	0 b	22
10	8 a	0 b	0 b	24
11	4 a	1,5 b	1 b	25
12	11 a	1 b	0 b	27
13	3,8 a	0,5 b	0 b	29
14	3,8 a	0,5 b	0 b	32
15	0,75 a	0,25 a	0 a	34
16	0,3 a	0 a	0 b	37
17	0,25 a	0 a	0 a	40
18	0,3 a	0 a	0 a	42
19	0,75 a	0 a	0 a	44
20	0 a	0 a	0 a	49
21	0 a	0 a	0 a	51

Casillas con la misma letra en posición horizontal no muestran diferencias significativas

Por otra parte, el total de capturas de machos adultos de *S. frugiperda* por tratamiento fue de 1.037 individuos con la marca ChemTica, 49 con Pherobank y 11 con el testigo. El promedio de capturas con la feromona ChemTica se mantuvo por encima de los 40 individuos por semana durante un mes, fecha a partir de la cual se redujo (tabla 2). La vida media de la feromona coincide con los reportes de la casa comercial a temperatura de 25 a 35°C (ChemTica, 2000).

Tabla 2. Captura promedio semanal de machos de *S. frugiperda* por trampa y tratamiento

Tratamiento	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
ChemTica	102,25	49,75	66,75	21,25	15,5	3	0,11
Pherobank (z-9-dda)	6,25	1,5	2,25	0,25	1,75	0,25	0
Testigo	1,5	1,33	0,25	0,25	0	0	0

Esta eficiencia en las capturas con la feromona ChemTica coincide con los reportes de Brasil (Batista *et al.*, 2006), Costa Rica (Andrade *et al.*, 2000) y México (Malo, 2001). Los resultados con la marca Pherobank podría ser un caso de variación geográfica intraespecífica en la composición de la feromona de origen Holandés, lo cual ha sido reportada por Andrade *et al.* (2000) en centro América y por Batista *et al.* (2006) en Brasil al utilizar feromonas estadounidenses y Europeas.

Tabla 3 Capturas de especies no objetivo por tratamiento

Familia y Orden	Especies	Total individuos capturados por tratamiento		
		Chem-Tica	Phero-bank	Testigo
Scarabeidae	<i>Cyclocephala</i> sp.	553	402	532
Apidae (Hymenoptera)	No identificado	22	40	21
Noctuidae (Lepidoptera)	<i>Alabama</i> sp.	33	16	10
Pyralidae (Lepidoptera)	<i>Rupela albinella</i>	5	6	10
Vespidae (Hymenoptera)	No identificados	5	0	6
Coccinellidae (Coleoptera)	No identificados	3	2	4
Noctuidae (Lepidoptera)	<i>Trichoplusia</i> sp.	3	1	2
Hesperiidae (Lepidoptera)	<i>Panoquina</i> sp.	3	0	3
Noctuidae (Lepidoptera)	<i>S. ornithogalli</i>	1	1	0

Malo *et al.* (2001), sugieren que la feromona *ChemTica* atrae eficientemente los biotipos de maíz y arroz de *S. frugiperda* registrados en México. Estos biotipos, junto con un híbrido también han sido reportados para la zona de estudio en el departamento del Tolima, Colombia (Vélez *et al.*, 2008). El biotipo de maíz se colectó exclusivamente en cultivos de maíz y algodón y el de arroz en cultivos de arroz y en bajas proporciones en cultivos de maíz y algodón (Vélez *et al.*, 2008). Aunque este estudio se realizó en un lote de algodón en donde teóricamente predominan el biotipo de maíz, la feromona *ChemTica* también ha mostrado ser eficiente en atraer adultos del gusano cogollero en lotes de arroz en Villanueva, Colombia (Vilaseca *et al.*, 2008), cultivo en el que se asume predomina el biotipo de maíz. Lo anterior aumenta las bondades del uso de esta feromona para hacer seguimiento a las poblaciones de esta especie indistintamente de los usos de la tierra.

Igualmente al capturar un promedio de 40 individuos semanales se está bajando la infestación en los cultivos debido a que existe un número menor de machos en el entorno para copular con las hembras. Kuniyoshi (2002) registró menor presencia de larvas de *S. frugiperda* y *H. zea* en parcelas donde se instalaron trampas sexuales en comparación con los que no tenían.

Por otra parte, en las trampas se registraron capturas de 9 familias de insectos no objetivo y en general las capturas fueron iguales o superiores en las trampas testigo que en las trampas con feromonas (tabla 3). Las familias más abundantes fueron Scarabaeidae (orden Coleoptera), Apidae (orden Hymenoptera) y Pyralidae (orden Lepidoptera). La captura de insectos no objetivo en este tipo de trampas ha sido registrada en el cultivo de maíz en la costa de Chiapas, México (Malo *et al.*, 2001). Estudios realizados por estos autores en 1998 y 1999 encontraron que el 67,7 y 86,6% (respectivamente) del total de insectos capturados correspondieron a especies no objetivo. Igualmente, otros estudios han documentado

que las trampas cebadas con feromonas sexuales atraen insectos no objetivos incluyendo benéficos (Adams *et al.*, 1989; Mitchell *et al.*, 1989; Gauthier *et al.*, 1991; Gross y Carpenter, 1991; Meagher y Mitchell, 1999).

La especie más capturada fue *Cyclocephala* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae), con un total de 553, 402 y 532 individuos en las trampas con las feromonas *ChemTica*, *Pherobank* y el testigo, respectivamente. No se presentaron diferencias significativa en las capturas de esta especie entre los tratamientos y el testigo ($P \leq 0,05$) lo que descarta un efecto de atracción de las feromonas.

Otras especies de insectos no objetivo capturados en las trampas con y sin feromonas en orden de mayor número de especies capturadas fueron: *Alabama* sp. (Lepidoptera: Noctuidae), abejas y abejorros (Hymenoptera: Apidae) no identificados a nivel de especie, *Rupela albinella* Stoll (Lepidoptera: Pyralidae), avispa (Hymenoptera: Vespidae) no identificadas a nivel de especie, coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) no identificados a nivel de especie, *Trichoplusia* sp. (Lepidoptera: Noctuidae), *Panoquina* sp. (Lepidoptera: Hesperiidae) y *Spodoptera ornithogalli* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) (tabla 3).

Weber y Ferro, (1991) reportan la captura de otros noctuidos como *Leucania phragmitidicola* Guenée, *Sideridis rosea* Harvey y *Eurois occulta* (Linnaeus) en trampas de *S. frugiperda* en Massachusetts, USA; posiblemente estas especies responden a componentes similares de la feromona sexual de *S. frugiperda*, o a estímulos físicos o mecánicos como el color de la trampa, el olor del detergente utilizado como sustancia tenso activa o sencillamente caer fortuitamente (Cisneros, 1995; Malo *et al.*, 2001). Existen registros sobre algunos insectos que son atraídos hacia ciertos colores, por ejemplo *Bombus* sp. (Hymenoptera: Apidae) son atraídos por el color amarillo (Gross y Carpenter, 1991); *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) es atraído por el color azul y blanco (Larrain *et al.*, 2006); *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) es atraído por el color amarillo (Madrigal, 1995) y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) es atraída por los colores rojo y negro para realizar la oviposición (Suárez *et al.*, 2007), entre otros.

CONCLUSIÓN

La feromona de marca *ChemTica* mostró ser eficiente como atrayente de los machos adultos de *S. frugiperda*. Los resultados fueron consistentes en todos los bloques y persistentes en el tiempo, con una vida media de 50 días bajo condiciones de campo a una temperatura media de 30,26°C, 23,3 mm de pluviosidad y con una velocidad promedio de vientos de 2,5 m s⁻¹. Estos resultados coinciden

con los encontrados por otros autores para América Latina y evidencia las bondades de esta feromona para establecer sistemas de seguimiento de *S. frugiperda* en campo. La revisión bibliográfica sugiere que es eficiente para atraer los diferentes biotipos de *S. frugiperda* reportados para Colombia; sin embargo sería conveniente ratificarlo experimentalmente. Aunque se registraron capturas de especies no objetivo en estas trampas, incluyendo especies benéficas, los análisis sugieren que no son atraídas por los volátiles de las feromonas sino por estímulos visuales, olfativos o por azar.

No hubo diferencias en la eficiencia de atracción entre marca *Pherobank* y el testigo, lo que sugiere una especificidad

geográfica de esta feromona y evidencia la importancia de evaluar nuevos materiales bajo condiciones locales antes de implementar su uso.

A G R A D E C I M I E N T O S

Los autores agradecen a la Asociación para la Investigación y el Fomento de la Producción Limpia – AINFO por proporcionar gratuitamente las feromonas marca *Pherobank* y participar en la instalación de los ensayos de campo. Se hace el mismo reconocimiento a la casa comercial *ChemTica* por las muestras gratuitas de feromonas y a los revisores anónimos que ayudaron a mejorar la calidad del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamczyk J, Williams JR, Reed JT, Hubbard DW, Hardee DD. 2003. Spatial and temporal occurrence of beet armyworm. *Florida Entomologist* 86(3):229-232.
- Adams RG, Murray KD, Los ML. 1989. Effectiveness and selectivity of sex pheromone lures and traps for monitoring fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adults in Connecticut sweet corn. *Journal of Economic Entomology* 82:285-290.
- AGRO-BIO. 2009. Conociendo el maíz genéticamente modificado. En: http://agrobio.org/index.php?option=com_content&task=view&id=7505&Itemid=25. Consulta: diciembre de 2010.
- Álvarez JA, Sánchez G. 1983. Variación en el número de instares de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Revista Colombiana de Entomología* 9(1):43-49.
- Andrade R, Rodriguez C, Oehlschlager A. 2000. Optimization of a pheromone lure for *Spodoptera frugiperda* (Smith) in Central America. *Journal of Brazilian Chemical Society* 11(6):609-613.
- Ayra-Pardo C, Rodríguez-Cabrera L, Fernández P, Téllez-Rodríguez P. 2006. Increased activity of a hybrid Bt toxin against *Spodoptera frugiperda* larvae from a maize field in Cuba. *Biotecnología Aplicada* 23:236-239.
- Batista PL, Stein KG, De Paula AF, Moreira JA, Cruz I, Figueiredo MLC, Perri JR, Corrêa AG. 2006. Isolation, identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone of the Brazilian population of *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Chemical Ecology* 32(5):1085-1099.
- Bohorova N, Cabrera M, Abarca C, Quintero R, Maciel AM, Brito RM, Hoisington D, Bravo A. 1997. Susceptibility of four tropical lepidopteran maize pests to *Bacillus thuringiensis* Cry1-type insecticidal toxins. *Journal of Economic Entomology* 90(2):412-415.
- Bosa F, Witzgall P, Cotes AM, Fukumoto T, Barreto N. 2005. Evaluación de la técnica de la interrupción de la cópula de *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología* 31(2):145-150.
- Carde RT, Elkinton JS. 1984. Field trapping with attractants: methods and interpretation. En: Hummel H, Miller TA (eds.). *Techniques in pheromone Research*. Springer – Verlag, Nueva York, USA. pp.111-129.
- Cisneros FH. 1995. Control de plagas agrícolas. AGLIS Electronics. Lima.
- ChemTica Internacional SA. 2000. Sistema de manejo integral con feromonas. Productos MIP. En: <http://www.pheroshop.com>. Consulta: diciembre de 2010.
- Díaz JA, Montenegro TH. 2003. Evaluación del efecto de la tecnología Bollgard® sobre poblaciones de artrópodos y anélidos en el algodónero (*Gossypium hirsutum* L.). *Boletín Técnico*. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. 57 p.
- García F, Mosquera MT, Vargas C, Rojas LA. 2002. Control biológico, microbiológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) plaga del maíz y otros cultivos en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 28(1):53-60.
- Garczynski SF, Crim JW, Adang MJ. 1991. Identification of putative insect brush border membrana-binding molecules specific to *Bacillus thuringiensis* d-endotoxin by protein plot analysis. *Applied Environmental Microbiology* 57(10):2816-2820.
- Gauthier NL, Logan PA, Tewksbury LA, Hollingsworth CF, Weber DC, Adams RG. 1991. Field bioassay of pheromone lures and trap designs for monitoring adult corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn in Southern New England. *Journal of Economic Entomology* 84(6):1833-1836.
- Gómez MJ. 2001. Eficiencia de feromonas de agregación para el control del picudo Negro *Cosmopolites sordidus* y picudo rayado *Metamasius hemipterus* sericeus olivier (Coleoptera: Curculionidae) Tolima Colombia. En: http://www.ut.edu.co/investigacion/anuario/studen/01_14_03.htm. Consulta: diciembre de 2010.
- Gross HR, Carpenter JE. 1991. Role of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and other factors in the capture of bumblebees (Hymenoptera: Apidae) by Universal moth traps. *Environmental Entomology* 20:377-381.
- Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. 2007. Hectáreas transgénicas sembradas en la región del interior. Resultado del proceso de medición de lotes de las siembras de algodón. Región Interior 2007. Corporación Colombia Internacional – CCI. Bogotá. p 13.
- Izquierdo J. 1994. Utilización de feromonas en la predicción fenológica de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad de Lleida. Lérida, España.
- Jackson RE, Bradley Jr JR, Van Duyn JW. 2003. Field performance of transgenic cottons expressing one or two *Bacillus thuringiensis* endotoxins against bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie). *Journal Cotton Science* 7:57-64.
- Jenkins R. 1999. El Polémico *Bacillus Thuringiensis*. *Biodiversidad Sustentado y Culturas* 19:22-28.
- Kuniyoshi VC. 2002. Evaluación del uso de feromonas para el control y monitoreo de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* en maíz dulce. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera agrónoma en el grado académico de licenciatura. Zamorano, Homduras. En: http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2002/T1408.pdf. Consulta: diciembre de 2010.
- Larrain P, Varela F, Quiroz C, Graña F. 2006. Efecto del color de la trampa en la captura de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en pimiento (*Capsicum anuum* L.). *Agricultura Técnica* 66(3):306-311.
- Labatón V. 2004. Ensayos para el monitoreo de *Anthonomus grandis* con base en captura de trampas en feromonas en el cultivo del algodónero. En: Resúmenes Congreso Nacional de la Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen. Montería, Colombia.
- López EM, Hernández MJL, Pescador RA, Molina OJ, Lezma GR, Hamm JJ, Wiseman BR. 1999. Biological differences between five populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) collected from corn in Mexico. *Florida Entomologist* 82(2):254-262.
- Madrigal A. 1995. Manejo de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en cultivo de ornamentales bajo invernadero. En: Simposio Internacional Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Floricultura. Asocolflores. Bogotá. pp. 124-135.
- Malo EA, Cruz L, Valle M, Virgen A, Sanchez A, Rojas JC. 2001. Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist* 84(4):659-664.
- Martinelli S, Clark PL, Zucchi MI, Silvafilho MC, Foster JE, Omoto C. 2007. Genetic structure and molecular variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) collected in maize and cotton field in Brazil. *Bulletin of Entomological Research* 97:225-231.
- Meagher RL, Mitchell ER. 1999. Nontarget hymenoptera collected in pheromone- and synthetic floral volatile-baited traps. *Environmental Entomology* 28:367-371.
- Mitchell ER, Agee HR, Heath RR. 1989. Influence of pheromone trap color and design on the capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Chemical Ecology* 15(6):1775-1784.
- Ostrauskas H. 2003. Moths caught in pheromone traps for southern armyworm (*Spodoptera eridania*), fall armyworm (*S. frugiperda*), and egyptian cotton leafworm (*S. littoralis*) (Noctuidae: Lepidoptera) during 1999-2001 in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 13(4):411-424.
- Pashley DP, McMichael M, Silvain JF. 2004. Multilocus genetic analysis of host use, introgression and speciation in host strains of fall

- armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of Entomological Society of America* 97(5):1034-1044.
- Pérez CR. 2005. Las feromonas, alternativa para el manejo integrado de *Spodoptera frugiperda* en arroz. Federación de Arroceros. Bogotá.
- Rodríguez M, Aguilar M, Martínez C, Terán V, Lagunes T. 2005. Manejo de la resistencia a la δ -endotoxina Cry1Ac de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* que expresa el algodón Bollgar. En: Resúmenes XXXII Congreso de Sociedad Colombiana de Entomología. Socolen. Montería, Colombia.
- Salas J. 2001. Captura de *Spodoptera frugiperda* en trampas con feromonas. *Manejo Integrado de Plagas* 59:48-51.
- Santos AO, Delgado RM, Arguelles J, Aguilera GE. 2009. Evaluación del comportamiento del complejo *Spodoptera* con la introducción del algodón transgénico al Tolima, Colombia. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1):24-32.
- SAS Institute, Inc. 2007. SAS user guide: Statistical Analysis System, version 8.2. Cary, USA.
- Sekul AA, Cox HC. 1967. Response of males to the female sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): a laboratory evaluation. *Annals of the Entomological Society of America* 60(3):691-693.
- Sekul AA, Sparks AN. 1967. Sex pheromone of the fall armyworm moth: Isolation, Identification and Synthesis. *Journal Economic Entomology* 60:1270-1272.
- Sekul AA, Sparks AN. 1976. Sex attractant of the fall armyworm moth. *Boletín Técnico* 1542. USDA, Washington. 6 p.
- Suárez L, Molina A, Murúa F, Acosta JC, Moyano B, Escobar J. 2007. Evaluación de colores para la oviposición de *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) en Argentina. *Revista Peruana de Biología* 14(2):291-293.
- Torres L, Cotes AM. 2005. Efecto de la crioconservación sobre la viabilidad y actividad biocontroladora de *Nomuraea rileyi* contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 31(2):133-138.
- Tumlinson J, Mitchell E, Teal P, Heath R, Mengelkoch. 1985. Sex pheromone of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) identification of components critical to attraction in the field. *Journal of Chemical Ecology* 12(9):1909-1926.
- Vélez AM, Arango RE, Villanueva D, Aguilera E, Saldamandro CI. 2008. Identificación de biotipos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) mediante marcadores mitocondriales y nucleares. *Revista Colombiana de Entomología* 34(2):145-150.
- Vilaseca JC, Baptiste GL, Lopez-Ávila A. 2008. Incidencia de los márgenes sobre el control natural de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de arroz. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(2):45-54.
- Weber DC, Ferro DN. 1991. Nontarget noctuids complicate integrated pest management monitoring of sweet corn with pheromone traps in Massachusetts. *Journal Economic Entomology* 84(4):1364-1369.
- Westbrook JK, Sparks AN. 1986. The role of atmospheric transport in the economic fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation in the southeastern United States in 1977. *Florida Entomologist* 69(3):493-502.
- Wyatt TD. 1998. Putting pheromones to work: paths forward for direct control. En: Carde RT, Minks AK (eds.). *Insect pheromone research new directions*. Chapman & Hall. Nueva York, USA. pp. 445-459.
- Zagatti P, Lalanne-Cassou B, Le Duchat DJ. 1995. Catalogo de lepidópteros de las antillas francesas. En: Instituto Nacional de Recursos Agronómicos. http://www.inra.fr/papillon/noctuid/amphipyr/texteng/s_frugip.htm&sa=X&oi=translate&resnum=5&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dgenitalia%2Bspodoptera%2Bfrugiperda%26hl%3Des%26lr%3D%26sa%3DN. Consulta: diciembre de 2010.
- Zenner de Polania I, Álvarez JA, Arévalo HA, Mejía R, Bayona MA. 2008. Susceptibilidad de cuatro noctuidos plaga (Lepidoptera) al gene Cry1Ac del *Bacillus thuringiensis* incorporado al algodónero. *Revista Colombiana de Entomología* 34(1):41-50.