

ACCIÓN COMBINADA DE FEROMONA SEXUAL Y DE AVISPAS *Apanteles gelechiidivoris* PARA EL CONTROL DE *Tuta absoluta* EN CULTIVOS DE TOMATE BAJO INVERNADERO

Combined Action of Sex Pheromone and Wasp *Apanteles gelechiidivoris* in Greenhouse Tomato Crops

JESSICA MORALES¹, M.Sc.; LAURA MUÑOZ¹, M.Sc.; DANIEL RODRÍGUEZ¹, Ph. D, FERNANDO CANTOR², Ph. D

¹ Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Cundinamarca, Colombia. Km 2 vía Cajicá - Zipaquirá. Campus Nueva Granada. Edificio de laboratorios, Laboratorio de Control Biológico.

² Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Carrera 11 # 101- 80. Vicerrectoria de Investigaciones.
Autor de correspondencia: Daniel Rodríguez, ecologia@unimilitar.edu.co

Presentado el 21 de mayo de 2013, aceptado el 24 de noviembre de 2013, fecha de reenvío el 22 de diciembre de 2013.

Citation / Citar este artículo como: MORALES J, MUÑOZ L, RODRÍGUEZ D, CANTOR F. Acción combinada de feromona sexual y de avispa *Apanteles gelechiidivoris* para el control de *Tuta absoluta* en cultivos de tomate bajo invernadero. Acta biol. Colomb. 2014;19(2):175-184.

RESUMEN

El cogollero del tomate, *Tuta absoluta*, es considerado plaga principal del cultivo de tomate. Su control se realiza con químicos, aunque existen otros tipos de control como el biológico y etológico. En Colombia no existe ningún precedente que involucre la acción combinada de estrategias de control etológico incluyendo feromona sexual y biológico con *Apanteles gelechiidivoris* para el control de la plaga en cultivos de tomate. En este trabajo, se evaluaron cuatro tratamientos bajo condiciones de invernadero que incluyen control biológico con *A. gelechiidivoris*, etológico con trampas de feromona sexual, acción combinada de ambos controles y convencional (químico), con el objetivo de desarrollar una estrategia de control de *T. absoluta* a través de la acción combinada de control etológico con feromona sexual y biológico. Se realizó un muestreo sistemático, tomando una planta cada 2 m. En cada planta se tomó una hoja por estrato, semanalmente se registró el número de larvas totales, de tercer instar y parasitadas, y número de adultos capturados por trampa. El máximo parasitismo en la población de larvas susceptibles fue del 86,38 % y de la población de larvas totales 68,75 %. Se encontró que la acción combinada presenta una mayor efectividad y permanencia a través del tiempo para el control de larvas de *T. absoluta*.

Palabras clave: control biológico, control etológico, manejo integrado de plagas, parasitoide.

ABSTRACT

The tomato budworm, *Tuta absoluta*, is considered main pest of tomato crops. Control of this pest is performed with hemicals, although, there are other strategies such as biological and ethological control. In Colombia there is not precedent that combines both strategies: ethological control with sexual pheromone and biological control with *Apanteles gelechiidivoris*, for the control of this pest in tomato crops. In this work four different treatments under greenhouse conditions were evaluated including biological control with *A. gelechiidivoris*, ethological control with sexual pheromone traps, combined action of both controls and traditional control (Chemicals). The experiments aimed to developing a control strategy to reduce populations of *T. absoluta*. This was done sampling a plant every to 2 meters. From each plant a sample composed by one leaf by stratum

was taken and the variables number of total larvae of third instar and parasited and number of captured adults for trap. The maximum parasitism in the population of susceptible larvae was 86.38 % and for total population of larvae was 68.75 %. The combined action of pheromone traps and *A. gelechiidivoris* presented a greater efficiency and permanence on the control of larvae of *T. absoluta*.

Keywords: biological control, ethological control, integrated pest management.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se cultivan 160000 ha de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) de las cuales un 20 % se encuentra bajo condiciones de invernadero (3200 ha). La producción total es de 411000 t/año, de las cuales 277000 son exportadas. *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) ha sido registrada como la plaga principal de este cultivo al atacar los frutos en condiciones de campo e invernadero (Fernández, 1992; De Vis *et al.*, 2001). Sin embargo, la misma plaga también genera otras pérdidas al perforar el tallo, con el consecuente ataque por hongos, caída de flores y muerte de cogollos (Pereyra y Sánchez, 2006). En Suramérica se presenta Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela y Colombia, ocasionando pérdidas en cultivos de tomate bajo invernadero y campo, que van desde el 40 al 100 %, lo cual afecta el rendimiento comercial (Estay, 2000; Giustolin *et al.*, 2001; Cely *et al.*, 2010).

De acuerdo con Vélez (1997), *T. absoluta* se registró por primera vez en Huancayo (Perú), extendiéndose posteriormente a otros países suramericanos entre los que se encuentra Colombia. El factor clave de la pérdida de la producción del cultivo del tomate por causa de *T. absoluta* es el ataque a frutos (Fernández, 1992).

El método de control más utilizado en Colombia por los agricultores es el químico (Oliveira *et al.*, 2009), que a pesar de su rápido efecto, presenta desventajas como la posible aparición de poblaciones resistentes (Siqueira *et al.*, 2001), la toxicidad de los productos que afecta tanto la calidad del producto final como la seguridad del personal que labora en las fincas, el elevado costo de estos insecticidas y deterioro ambiental (Abrantes, 1995; López-Ávila, 2002). Por esta razón, el empleo de enemigos naturales ha adquirido importancia como estrategia promisoría de control para insectos plagas.

Para *T. absoluta* se han registrado parasitoides como *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) controlador de huevos de Lepidoptera (Parra y Zucchi, 2004) y *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), el cual puede ser importante para controlar infestaciones de larvas de *T. absoluta* en cultivos comerciales de tomate (Cárdenas, 1992; De Vis *et al.*, 2001). *Apanteles gelechiidivoris* es un endoparasitoide solitario de larvas de tercer instar de *T. absoluta* en tomate y de segundo instar en *Pthorimea operculella* (Zeller) plaga de cultivos de papa. En campo se ha registrado un

control de larvas de *T. absoluta* de hasta un 70 % permitiendo la reducción de insecticidas y control efectivo de la plaga (Cárdenas, 1992; Escobar *et al.*, 2004).

Otro nuevo enfoque para el control de esta plaga ha sido propuesto en Brasil, con el uso de feromonas sexuales. Estas feromonas son usadas para el control de varios insectos plaga de diferentes cultivos como algodón, durazno y tomate, entre otros (Michereff *et al.*, 2000). Para el caso de *T. absoluta* existe una feromona sexual específica que permite la captura de machos, impidiendo la cópula y por ende el número de huevos colocados en el cultivo por las hembras. Esta feromona se encuentra en los septos, los cuales contienen el componente activo, y el cual es instalado en trampas tipo delta (Hickel *et al.*, 1991). Estudios realizados han registrado un promedio de 100 machos capturados trampa/día, además tiene la ventaja de ser específica y económica en comparación a otro tipo de trampas (Ferrara *et al.*, 2001). Esta estrategia ha sido utilizada como método de captura masivo complementario al uso de aplicaciones de insecticidas, pero no ha sido usada en acción conjunta con otro tipo de control (Michereff *et al.*, 2000; Michereff y Vilela, 2001). En la actualidad se ha registrado un efecto positivo en el control de larvas de *T. absoluta* mediante la integración de varias estrategias como el control con feromonas sexuales, biológico con parasitoides de huevos (*T. pretiosum* Riley) y control natural de parasitoides de larvas (*Apanteles* sp.) (De Vis *et al.*, 2001). Sin embargo, en Colombia no se ha evaluado el efecto del uso combinado de control etológico con feromonas de *T. absoluta* y biológico con parasitoides de la especie *A. gelechiidivoris* para la reducción de la plaga en cultivos comerciales de tomate bajo invernadero.

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó el efecto por separado y en conjunto de la feromona sexual y de la avispa de la especie *A. gelechiidivoris* para el manejo de poblaciones de *T. absoluta* en un cultivo comercial de tomate bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en un cultivo comercial de tomate larga vida, ubicado en el departamento de Boyacá (Colombia), municipio de Sutamarchán, (provincia del Alto Ricaurte, vereda Pedregal) el cual se encuentra a una altitud de 2095 msnm, con una temperatura promedio de 20 °C.

El estudio se realizó bajo condiciones de invernadero, con una temperatura de 25 °C y humedad relativa 60 %, en un área de 4400 m² sembrada con 13657 plantas de tomate hidropónico con una distancia de siembra de 0,15 m entre ellas.

Diseño Experimental

Se consideraron los siguientes tratamientos: 1) control biológico con *A. gelechiidivoris*; 2) control con feromona sexual; 3) acción combinada de control biológico con *A. gelechiidivoris* y con feromona sexual; y 4) un testigo que fue el control convencional (con agroquímicos).

Se utilizó la geoestadística como herramienta para el análisis espacial de la distribución horizontal de larvas de la plaga en el invernadero. Esta herramienta ha sido utilizada en otros trabajos para identificar mediante los mapas los focos donde se concentra la plaga, direccionando a estos lugares las medidas de control, reduciendo costos y el uso de productos químicos en áreas innecesarias (Bacca, 2006). Para obtener la información se marcaron 934 puntos, cada punto correspondía a una planta de muestreo con una distancia de 2 m entre ellos, y se referenciaron espacialmente teniendo en cuenta los ejes establecidos en el sistema de coordenadas cartesianas.

Una vez establecidas las coordenadas se dividió el invernadero equitativamente en cuatro áreas manejando en cada una de ellas un tratamiento, con 233,5 puntos por tratamiento (Fig. 1). En cada punto se evaluó una planta registrando el número de hojas por estrato (bajo, medio y alto) con el fin de realizar un muestreo directo que consistía en contar las larvas presentes por hoja/estrato y obtener la población total de larvas por planta.

La población de larvas totales por planta, se estimó mediante la ecuación (1):

$$LT = LB \times HB + LM \times HM + LA \times HA \quad (1)$$

Dónde: LT: larvas totales en la planta; LB: larvas presentes en una hoja del estrato bajo; HB: número de hojas totales del estrato bajo; LM: larvas presentes en una hoja del estrato medio; HM: número de hojas totales del estrato medio; LA: larvas presentes en una hoja del estrato alto; HA: número de hojas totales del estrato alto.

Las evaluaciones fueron realizadas a los 35, 42, 49, 56 y 63 Días Después de la Siembra (DDS) teniendo en cuenta que *T. absoluta* ataca desde las primeras etapas fisiológicas del cultivo, y cada siete días porque los muestreos se hacían semanales al igual que las liberaciones de los parasitoides. Se realizó también un muestreo preliminar a los 35 DDS para conocer la población inicial de larvas del fitófago.

Tratamientos

Control químico. Se realizaron aplicaciones de Spinosad 120g/L SC formulado como Tracer a los 35 DDS, Clorfenapir 240 g/L SC formulado como Sunfire a los 42, 49 DDS, y Metomilo 250g/ha (Lannate) a los 56 y 63 DDS con una bomba estacionaria en el área designada a control químico. Los criterios de aplicación de los diferentes productos fueron designados por el personal técnico del cultivo de acuerdo a los diferentes estados de la plaga que cada producto ataca.

Control etológico con feromona sexual. Para el muestreo indirecto de adultos de *T. absoluta* se utilizaron trampas tipo Delta con feromona sexual sintética (Provistas por la Universidad Jorge Tadeo Lozano), cuyo componente principal es el acetato tetradicatrienelina (3E, 8Z, 11Z) (Vilela, 1992). Las trampas fueron fabricadas en cartón de 400 mm de largo x 200 mm de ancho y con una altura de 150 mm. Estas trampas se recubrieron con plástico impregnado de una sustancia pegajosa que atrapa los insectos macho (BIOTRAP), la cual se removía una vez por semana y, se dispuso en el centro de cada trampa el septo con feromona sexual. Este septo era cambiado mensualmente siguiendo recomendaciones del fabricante para evitar la pérdida de efectividad del septo.

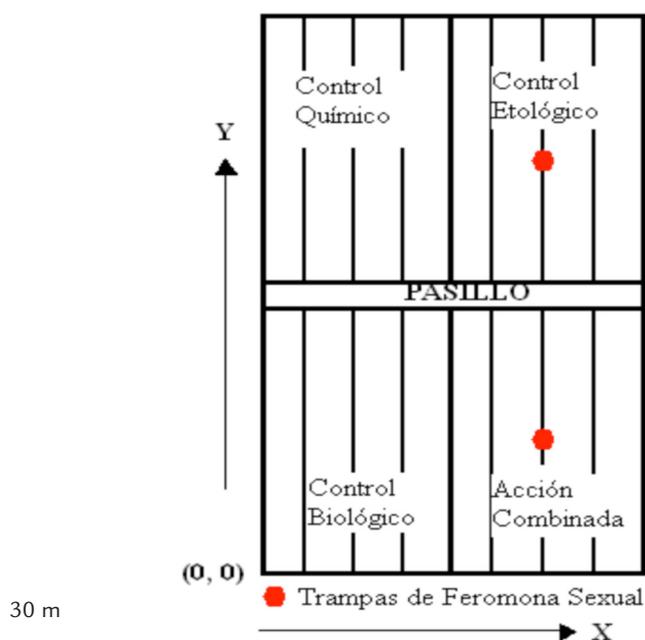


Figura 1. Distribución de los tratamientos en un cultivo de tomate bajo invernadero.

Se ubicó una trampa de feromona en el área correspondiente a control etológico con feromona sexual a una distancia de 15 m del tratamiento adyacente (Tratamiento Químico) y del pasillo. La altura a la cual se dispuso fue de 50 cm medidos desde el sustrato de la planta según recomendaciones hechas por Vilela (1992). Se registró semanalmente el número de adultos capturados en las trampas y el número de larvas presentes en los tres estratos de la planta.

Control biológico. Los parasitoides se obtuvieron de la cría masiva que se encuentra en los invernaderos de control biológico de la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas del Campus Nueva Granada, ubicado en Cajicá (Cundinamarca-Colombia).

Los adultos de *A. gelechiidivoris* fueron recolectados de las jaulas de emergencia con ayuda de un aspirador bucal. Se confinaron en tubos plásticos de 15 cm de largo con 4 cm de diámetro, sellados con velo Suizo impregnado con agua azucarada. El transporte de las avisas al cultivo se realizó en una nevera de icopor.

Para las liberaciones se tuvo en cuenta la respuesta funcional registrada para el parasitoide por Bajonero *et al.* (2008), liberando una hembra adulta de *A. gelechiidivoris* por cada 12 larvas de *T. absoluta* en tercer instar, el número de individuos liberados cada semana era dependiente del número de larvas estimadas en el cultivo.

Los parasitoides fueron liberados en el cultivo mediante recorridos entre las camas de los tratamientos de control biológico y acción combinada. Cuando se realizaban aplicaciones con fungicidas para el control de enfermedades, las avisas se liberaban dependiendo de la residualidad registrada para el producto, generalmente un día después de la aplicación.

Una vez liberados los parasitoides se tenía en cuenta el tiempo que tardan en alcanzar el segundo instar larval (aproximadamente 5,6 d) (Bajonero *et al.*, 2008) con el propósito de conocer en qué momento se debían realizar las disecciones y así, registrar larvas que se encontraran parasitadas. El número de larvas parasitadas se determinó semanalmente, ochos días después de realizada la primera liberación mediante disecciones realizadas a las minas realizadas por las larvas en las hojas y larvas de tercer y cuarto instar.

Acción combinada. La trampa de feromona se ubicó a una distancia de 15 m del tratamiento adyacente (tratamiento con control biológico) y del pasillo a una altura de 50 cm (Vilela, 1992). De igual forma se realizaron liberaciones (mediante recorrido entre camas) del parasitoide (*A. gelechiidivoris*) semanalmente, teniendo en cuenta su respuesta funcional y la densidad registrada en los muestreos. Se realizaron lecturas semanales para conocer: número de adultos capturados por trampa, número de larvas presentes por estrato, número de larvas en tercer instar y larvas parasitadas.

Variables de respuesta. Se determinó semanalmente el número de larvas totales, el número de larvas de tercer instar y el número de larvas parasitadas por planta. Para esto se efectuó el conteo de cada variable en una hoja de cada estrato

de la planta a muestrear y se aplicó la ecuación (1). A partir de las capturas en trampas se registró semanalmente el número de adultos capturados en los tratamientos de control con feromona sexual y acción combinada.

Análisis de la información. Se elaboraron mapas de número de larvas y porcentaje de parasitismo para cada semana de muestreo mediante el empleo del programa estadístico GS+. Para ello se ajustaron variogramas isotrópicos a la distancia activa máxima, la cual especifica el rango sobre el cual la semivarianza puede ser calculada (Robertson, 2008), que fue de 78 m, el cual es el valor máximo entre puntos, correspondiente al eje "Y" establecido en el invernadero. Se utilizó un intervalo entre muestras de 2 m. Como criterio de selección del modelo del variograma se escogió el que tenía el valor del r^2 más alto. Posteriormente se realizó la interpolación y se construyó un mapa 2D. Con el fin de establecer las posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de Tukey para cada fecha de muestreo. Se empleó la prueba de Tukey dado que permite un mejor equilibrio entre las tasas de error tipo I y tipo II.

RESULTADOS

Distribución de la población de larvas de *Tuta absoluta*

Durante el muestreo preliminar a los 35 DDS se presentó un foco de larvas de *T. absoluta* en el área destinada al tratamiento con control feromona sexual (Fig. 2A). Una semana después (42 DDS) la población disminuyó en todos los tratamientos en un 30,2 %, pasando de un promedio de cinco a una larva por planta (Fig. 3), lo que puede ser atribuido a la aplicación del producto químico Spinosad (Tracer ®), la semana anterior a la evaluación.

A los 42 DDS se realizó la primera liberación de *A. gelechiidivoris* de acuerdo al número de larvas y a la respuesta funcional de las avisas (una avispa por cada doce larvas encontradas) en los tratamientos de control biológico y acción combinada (103 y 80 larvas respectivamente). Se registraron capturas de las trampas de feromona tipo delta de 22 machos en los tratamientos de control con feromona sexual y acción combinada, instaladas a los 35 DDS las cuales también pudieron haber contribuido a la reducción de la plaga en estos tratamientos (Fig. 4).

A los 49, 56 y 63 DDS (Figs. 2C, D y E) la población de larvas presentes en el cultivo se mantuvo estable, en relación a la semana anterior (42 DDS),

A los 63 DDS (Fig. 3) se observó una disminución del 75 % de la población de larvas en el área destinada a control biológico. Hasta este muestreo, los análisis estadísticos no mostraron diferencias entre los cuatro tratamientos evaluados ($p > 0,05$)

A partir de los 70 DDS (Fig. 2F) se observó un aumento de la población de larvas en todos los tratamientos, siendo mayor al 80 % en los tratamientos de control biológico y químico. En cuanto a los tratamientos de control con feromona sexual y

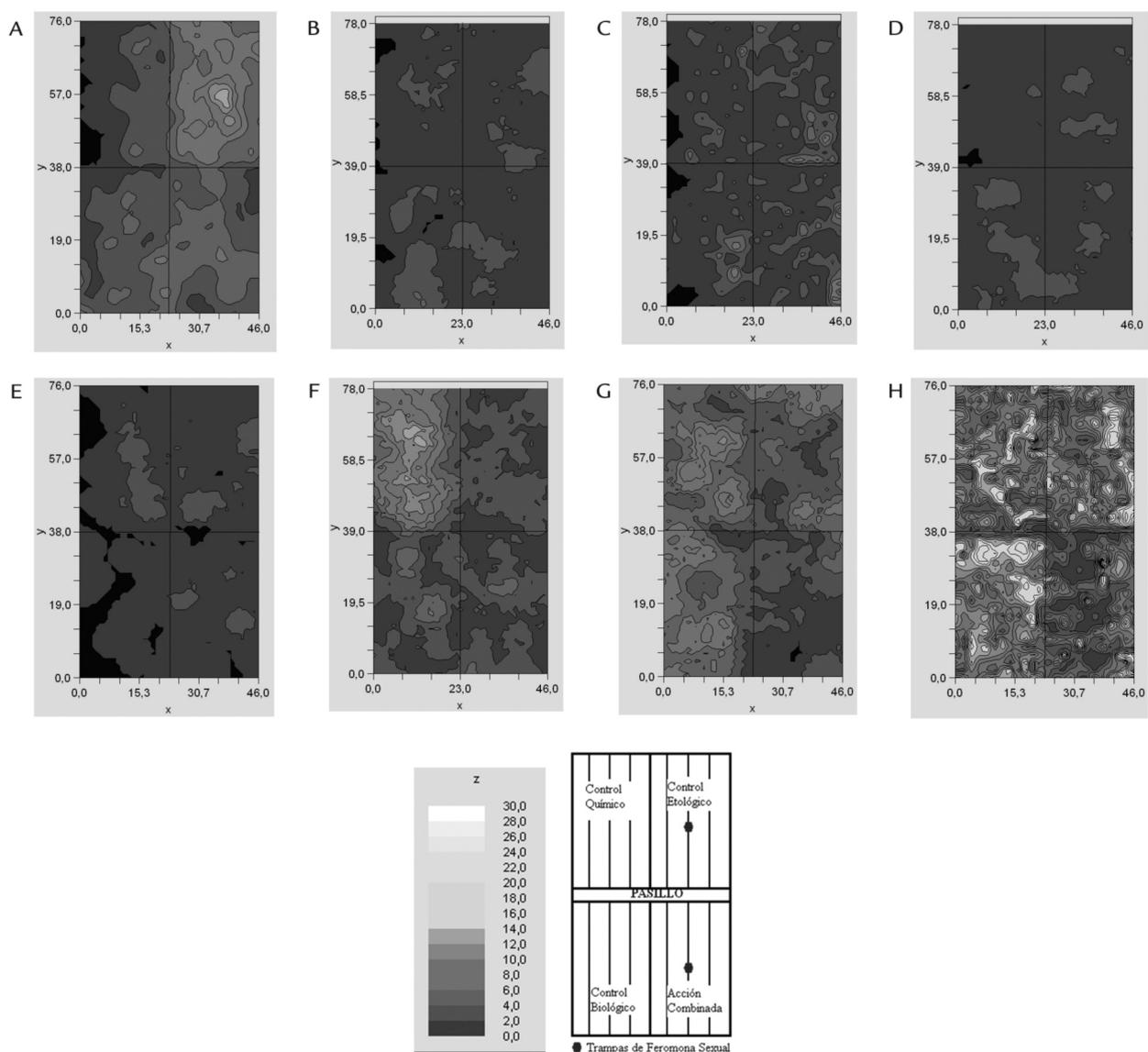


Figura 2. Distribución espacial de larvas de *T. absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en el invernadero a los 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 85 DDS respectivamente. Tonos más claros corresponden a las zonas donde se presentó mayor densidad de individuos por unidad de área.

acción combinada, el aumento fue de 38 y 54 %, respectivamente (Fig. 3). Esto se pudo presentar debido a la disminución de aplicaciones en el área destinada a control químico, permitiendo la resurgencia de la plaga y ocasionando migración hacia los otros tratamientos.

Por otra parte, se observó que el menor incremento de población se presentó en los tratamientos bajo el efecto de las trampas de feromona, coincidiendo con el aumento del número de adultos capturados en esta fecha (Fig. 4).

Esta tendencia de aumento, continuó durante los muestreos efectuados a 77 y 85 DDS. Debido a diferentes factores se observó un aumento del 54 % (Fig. 3) de la población de larvas en todos los tratamientos (Figs. 2G y H). Entre esos factores se encuentran la falta de prácticas culturales (des-

chuponado, deshoje), presencia de enfermedades, fallas en el sistema de riego, entre otros, lo que causó debilitamiento de las plantas ocasionando el resurgimiento de la plaga. Para estas dos últimas fechas se pudo establecer mediante la prueba de Tukey que el promedio de larvas por planta fue significativamente inferior ($p < 0,05$) en el tratamiento que combina trampas de feromona y liberaciones de *A. gelechiidivoris*, respecto a los otros tres tratamientos.

Teniendo en cuenta los factores mencionados, el tratamiento en el cual se presentó un mayor control de la población de larvas de *T. absoluta* fue el correspondiente a acción combinada. Esto se debe a que con este tratamiento se está controlando tanto el estado larval como el estado adulto de la plaga. A pesar de haberse presentado un aumento de la

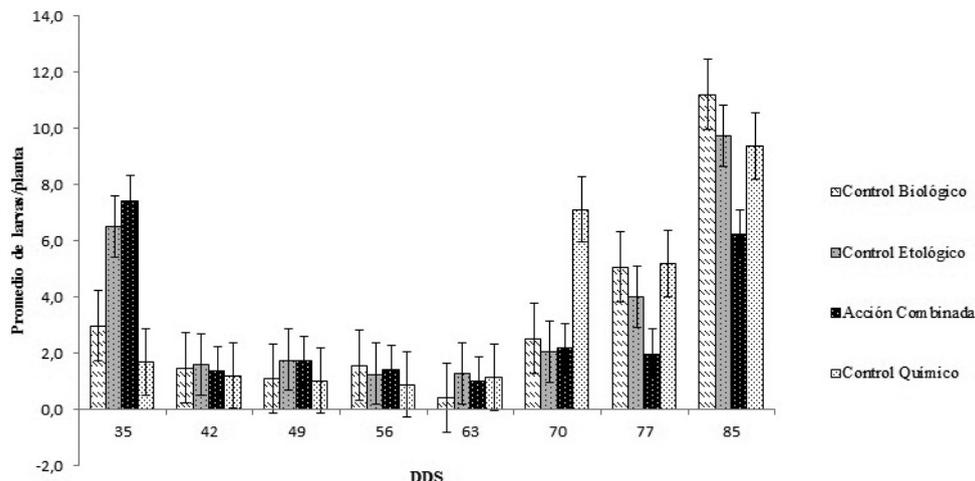


Figura 3. Promedio de larvas totales de *T. absoluta* en cada uno de los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo.

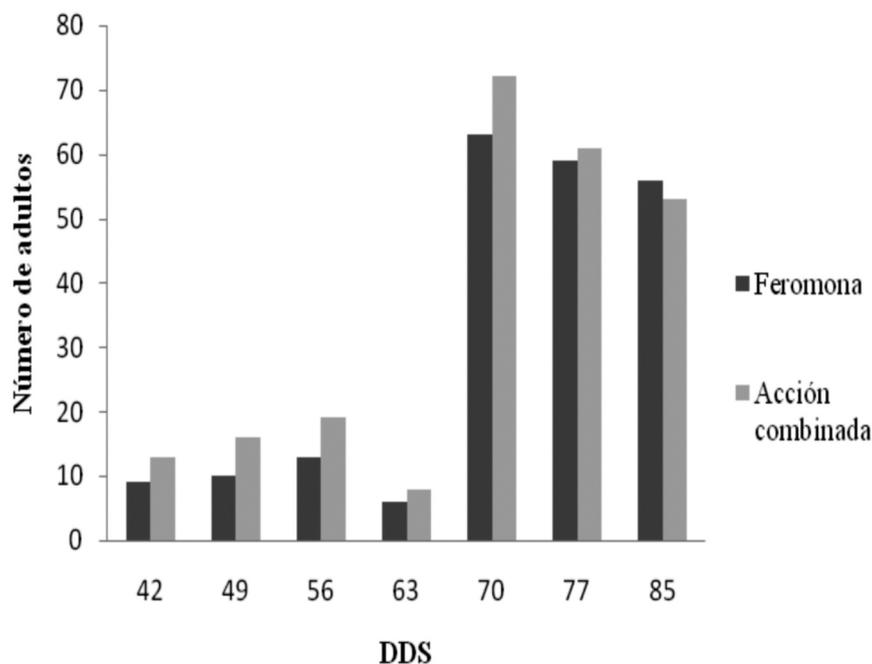


Figura 4. Número de adultos capturados de *T. absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) por trampa de feromona a los 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 85 DDS.

población de larvas en las últimas fechas de muestreo en todos los tratamientos, el tratamiento de acción combinada atenuó la dispersión de la plaga en esta área, presentando un 67 % menos de larvas con relación a los otros tratamientos.

Comportamiento del parasitismo en los diferentes tratamientos en el tiempo

En la figura 5 se observa la presencia de parasitismo en los diferentes tratamientos, identificando con los tonos más claros la mayor cantidad de larvas parasitadas. En las áreas que se registró mayor parasitismo, se presentó un aumento y aparición de nuevos focos de la población de

larvas totales de la plaga (Fig. 2 y Figs. 5D, E y F) aumentando de esta manera la oferta de hospederos para los parasitoides, por lo cual la liberación de estos era mayor en estas fechas. Este comportamiento fue observado en todos los tratamientos, aunque la mayor cantidad de larvas parasitadas fue en el tratamiento de control biológico siendo 86,3 % de las larvas susceptibles a parasitación (Fig. 6). En las figuras 5E y F, se observó la presencia de parasitismo en los tratamientos en donde no se realizaron liberaciones, aunque no se evaluó el porcentaje de parasitismo, las larvas parasitadas que se observaron eran en bajas cantidades. En relación con el efecto de las trampas de feromona sexual,

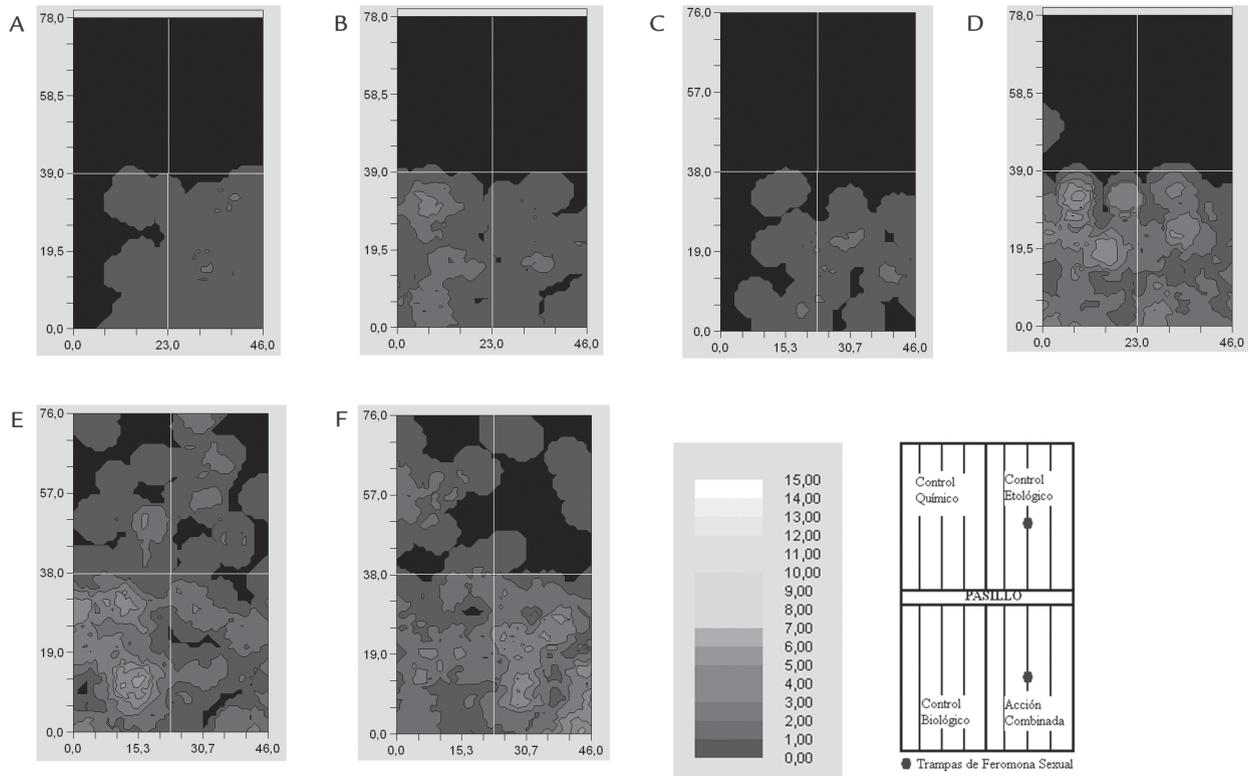


Figura 5. Presencia de larvas de *T. absoluta* parasitadas por *A. gelechiivoris* en el invernadero a los 49, 56, 63, 70, 77 y 85 DDS, A,B,C,D,E y F respectivamente.

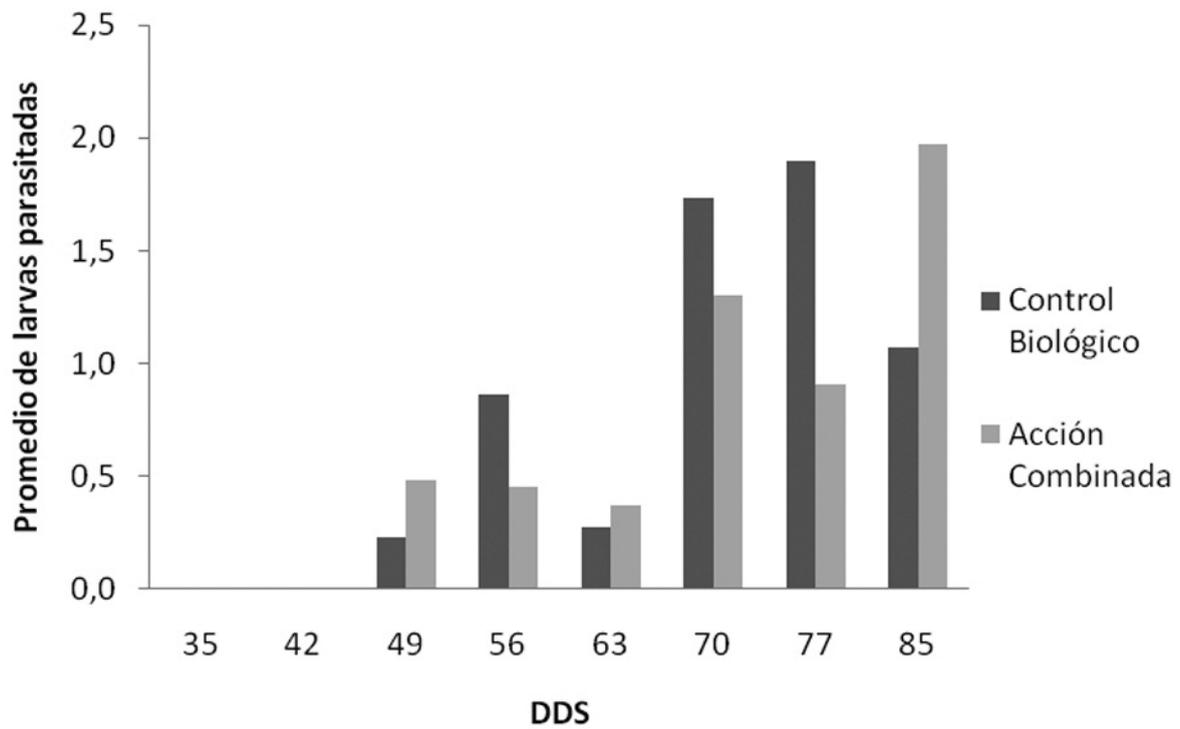


Figura 6. Promedio de larvas *T. absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) parasitadas por *A. gelechiivoris* en cada uno de los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo.

se encontró que la mayor captura de adultos se presentó en el tratamiento de acción combinada en relación al tratamiento de control con feromona sexual. La reducción de adultos generó posteriormente una menor cantidad de larvas y por consiguiente una menor cantidad de avispas liberadas si se compara con el tratamiento de control biológico.

DISCUSIÓN

Distribución de la población de larvas de *Tuta absoluta*

Según trabajos realizados por Castañeda y Pinzón (2007), *T. absoluta* presenta una distribución agregada en el cultivo. Esto coincide con lo evaluado durante el muestreo preliminar (35 DDS), donde se presenta un foco de larvas de *T. absoluta* en el área destinada al tratamiento con control con feromona sexual (Fig. 2A). Una posible causa para la aparición de este foco es que el invernadero contiguo estaba en proceso de erradicación, y la y tal como lo registró Vélez (1997) la ubicación de desechos orgánicos cercano a los cultivos, el mantenimiento y limpieza de barbechos pueden aumentar las densidades de la plaga en las zonas de producción de tomate y causar la migración de adultos de *T. absoluta* del invernadero contiguo (adyacente al control con feromona sexual y al de acción combinada).

La disminución en la población en todos los tratamientos a los 42 DDS, se puede deber a que el producto químico Spinosad (Tracer®) actúa por vía oral o de contacto sobre larvas de lepidópteros, causando afecciones en el tracto digestivo, haciendo que la larva cese su alimentación y muera en menos de un día después de ser aplicado (Ware y Whitacre, 2004).

Sin embargo, los huevos presentes durante la aplicación no fueron afectados debido a que el producto utilizado presenta una residualidad de dos días (Koppert, 2006) y los huevos de *T. absoluta* tienen una duración de cuatro a ocho días (Vélez, 1997) además el producto ataca no solo larvas sino huevos, lo que ocasionó la aparición de nuevos focos a los 49 DDS (Fig. 2C).

Por otro lado, la relación de la población de larvas a los 49, 56 y 63 DDS (Figs. 2C, D y E), se presentó debido al efecto de la captura de adultos realizada por el tratamiento de trampas, la parasitación por el tratamiento donde se liberaron parasitoides y por labores culturales en el cultivo como el deshoje y deschuponado que disminuyeron la población en todos los tratamientos.

De igual forma se observó que para el tratamiento de acción combinada y control con feromona sexual hay una relación directa entre el número de larvas encontradas y el número de adultos capturados por trampa. Esto se evidencia a los 70 DDS donde la población de adultos aumenta al igual que el aumento de la población de larvas a los 77 DDS (Figs. 3 y 4). Con respecto a la liberación de avispas y de acuerdo con estudios realizados por Bajonero *et al.*, (2008), *A. gelechiidivoris* tarda 5,6 d en llegar al estado de larva II a una temperatura de 20° C. La primera liberación se realizó a los 42 DDS y a

partir de los 49 DDS se observó presencia de larvas, ejerciendo un control sobre las larvas de *T. absoluta* lo que se observa en la disminución de la población (Figs. 2B y C).

La disminución de larvas en un 75 % a los 63 DDS, se puede atribuir al control ejercido por *A. gelechiidivoris*, los cuales para esta fecha ya habían completado el ciclo de desarrollo (31,7 d a 20 °C) (Bajonero *et al.*, 2008), considerando el tiempo desde la primera fecha de liberación.

Las labores culturales se realizaron de forma homogénea en todo el invernadero y fueron: deschuponado, deshoje y recolección manual de larvas. Estas labores, tienen un efecto importante sobre la densidad de larvas y adultos de *T. absoluta* porque se elimina una proporción de la población de la plaga, al ser removidas hojas con presencia de minas o la población de larvas directamente (Vélez, 1997; Castañeda y Pinzón, 2007). Esto generó que la población de larvas y adultos se mantuviera estable durante las evaluaciones realizadas entre los 49 y 63 DDS.

Comportamiento del parasitismo en los diferentes tratamientos en el tiempo

La presencia de parasitismo en los tratamientos en donde no se realizaron liberaciones, se presentó por la migración de los parasitoides hacia estos tratamientos, debido a la oferta de hospederos y a la ausencia de una barrera física o química que impidiera esta migración. Además se ha registrado que las avispas son estimuladas para iniciar la parasitación cuando se presenta una población mayor del hospedero, ya que facilita el reconocimiento del huésped por parte del parasitoide (Rincón y López, 1999).

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que en las primeras fechas de evaluación (42-63 DDS) los tratamientos de control químico, trampas con feromona, liberación de avispas de *A. gelechiidivoris* y acción combinada de los dos últimos métodos, permiten mantener la población de la plaga estable, sin presentarse diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$) y en niveles que no generan daños de importancia en el cultivo. Aunque en esta primera etapa no se observaron diferencias entre los tratamientos, en los últimos muestreos, realizados a los 77 y 85 DDS donde se presentó un aumento en la población, el tratamiento que sigue presentando una población baja (menos de 26 larvas/planta, Cely *et al.*, 2010) de la plaga en el tiempo es el tratamiento de acción combinada, que presentó un promedio de larvas significativamente inferior al encontrado en los otros tres tratamientos ($p < 0,05$).

Por lo tanto, dependiendo de la distribución espacial de la plaga, se pueden tomar medidas de control desde los inicios del cultivo (una semana después de la siembra), es decir, instalación de trampas de feromona y liberación de avispas de *A. gelechiidivoris* para asegurar un control constante en el tiempo debido a que *T. absoluta* ataca todas las etapas fenológicas del cultivo de tomate (Santiago *et al.*, 1998; López-Ávila, 2002), así se aseguraría el control de principio a fin.

CONCLUSIONES

La acción combinada de control con feromona sexual con feromona y liberaciones periódicas de avispas de la especie *A. gelechiidivoris* presenta una mayor efectividad y constancia en el control de larvas de *T. absoluta*, por lo cual se recomienda realizar las evaluaciones utilizando esta estrategia de control en cultivos de tomate. Por otro lado, se determinó que el porcentaje de parasitismo presentado por *A. gelechiidivoris* fue de 86,38 %.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrantes FA. Avaliação do componente principal sintético do feromônio sexual de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). [Tesis de maestría]. Brasil: Universidad Federal de Viçosa Brasil; 1995. p. 52.
- Bacca R. Monitoramento de *Leucoptera coffeella* com armadilha de feromônio sexual. [Tesis de maestría]. Brasil: Universidad Federal de Viçosa; Minas Gerais; 2006. p. 14, 15, 41-45, 65-67, 70-77.
- Bajonero J, Córdoba N, Cantor F, Rodríguez D, Cure JR. Biología y ciclo reproductivo de *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Agron Colomb. 2008;26(3):417-426.
- Cárdenas M. Determinación de una metodología para la cría masiva de *Cotesia gelechidivoris* endoparasitoide de larvas de *Phthorimaea operculella* ZELLER (Lepidoptera: Gelechiidae). [Tesis de grado]. Bogotá (Colombia). Universidad Nacional de Colombia; 1992. p. 28-26.
- Castañeda B, Pinzón A. Desarrollo de un plan de muestreo indirecto de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) con el uso de feromona sexual en un cultivo de tomate bajo invernadero. [Tesis de grado]. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia; 2007. p. 43-56.
- Cely L, Cantor F, Rodríguez D. Determination of levels of damage caused by different densities of *Tuta absoluta* populations (Lepidoptera: Gelechiidae) under greenhouse conditions. Agron Colomb. 2010;28(3):401-411.
- De Vis R, Fuentes L, Escobar H, Lee R. Manejo integrado de plagas y enfermedades. En: Escobar H. y R. Lee, editores. Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2001. p. 59-90.
- Escobar A, Cantor F, Cure J. Contribución al conocimiento de *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae). En resúmenes XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 2004. Julio 28-30. Bogotá. p. 122.
- Estay P. Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Informativo la Platina N.º 9. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile. 2000. Disponible en: [http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf].
- Ferrara FA, Vilela EF, Jham GN, Eiras AE, Picanco MC, Attygalle AB, et al. Evaluation of the synthetic major component of the sex pheromone of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). J Chem Ecol. 2001;27(5):907-917.
- Giustolin T, Vendramin J, Alves S, Vieira S, Pereira R. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) reared on two species of *Lycopersicum* to *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki. J Appl Entomol. 2001;125(9-10):551-556. DOI: 10.1046/j.1439-0418.2001.00579.x.
- Hickel ER, Vilela EF, Lima JOG, Della Lucia T. Comportamento de acasalamento de *Scrobipalpula absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Pesq Agro Bras. 1991;26(1):827-835.
- Koppert. Efectos secundarios. 2006. [Citado el 10 de enero de 2010]. Disponible en: URL: http://www.koppert.com
- López-Ávila A. Control biológico componente fundamental del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Ed. Produmedios. Corpoica, Bogotá. 2002. p. 167-169.
- Michereff F, Vilela EF. Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). En: Vilela, EF, F. Cantor y RA. Zucchi. Editores. Pragas introduzidas no Brasil. 2001. p. 81-84.
- Michereff M, Vilela E, Attygalle A, Meinwald J, Svatoš A, Jham G. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. J Chem Ecol. 2000;26(4):875-881.
- Oliveira F, Henrique Da Silva D, Demolin G, Newandram G, Picanco M. Resistance of 57 greenhouse-grown accessions of *Lycopersicon esculentum* and three cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Sci Hortic. 2009;119(2):182-187.
- Parra J, Zucchi R. Trichogramma in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. Neotrop Entomol. 2004; 33(3):271-281.
- Pereyra PC, Sánchez NE. Effect of two solanaceous plant on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop Entomol. 2006;35(5):671-676.
- Rincón C, López A. Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) orientados al control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Rev Colomb Entomol. 1999;25(1):67-70.
- Robertson GP. Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan. 2008. Disponible en: [http://www.gammadesign.com/files/GSPlus%20User%20Guide.pdf].
- Santiago J, Mendoza M, Borrego F. Evaluación de Tomate (*Solanum lycopersicum*, MILL) en invernadero: Criterios fenológicos y fisiológicos. Agron Mesoam. 1998;9(1):59-62.
- Siquera H, Guedes D, Fragoso D, Magalhaes L. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Int J Pest Manag. 2001;47(4):247-251. DOI: 10.1080/09670870110044634
- Uchoa-Fernández MAU. Comportamento da traça-do-tomateiro, *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), e

- emprego de armadilhas com feromônio natural para seu monitoramento no campo. [Tesis de maestría]. Brasil: Universidade Federal de Viçosa. Brasil; 1992. p. 105-107.
- Vélez, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 1997. p. 379-385, 482.
- Vilela EF. Adoção de feromônios no manejo integrado de pragas. PAB. 1992;27(1):315-318.
- Ware G, Whitacre D. The Pesticide Book. Sexta edición. Universidad de Minnesota. 2004. p. 465.