

Sección Agrícola

Respuesta de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) a compuestos volátiles de papa, *Solanum tuberosum*

Response of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) to volatile compounds of potato, *Solanum tuberosum*

CARLOS FELIPE BOSA¹, ANDREA CLAVIJO MC¹, MIRIAM FRIDA KARLSSON², ALBA MARINA COTES³
y PETER WITZGALL⁴

Resumen: Trampas cebadas con volátiles de plantas como fuente de atrayente pueden ser una herramienta importante para el monitoreo o control de insectos plaga. La polilla guatemalteca, *Tecia solanivora*, es una plaga limitante en el cultivo de la papa y aún se desconoce su relación con su planta hospedera, la papa. Se estudió el efecto que producen olores de las diferentes estructuras de la planta hospedera en el comportamiento del insecto. También se estudiaron los compuestos metilfenilacetato y sulcatón, dos compuestos volátiles de la planta identificados previamente que son emitidos por las flores y los tubérculos, además de producir respuestas antenales de *T. solanivora*. Se realizaron ensayos en olfatómetro y en una jaula recubierta con tul con la utilización de trampas de captura. En olfatómetro la estructura que más atrajo a las hembras fue la flor. En la jaula se registró una mayor captura de hembras en trampas cebadas con el compuesto metilfenilacetato a 100µg, y no se observó un efecto sinérgico al combinar los dos compuestos. Los resultados sugieren la evaluación de otros compuestos sintéticos de la planta de papa y sus mezclas para profundizar en el comportamiento de este insecto.

Palabras clave: Polilla guatemalteca. Semioquímicos. Kairomonas. Olfatómetro.

Abstract: Traps baited with plant volatiles as an attraction source might be an important tool for the monitoring or control of insect pests. The Guatemalan potato moth, *Tecia solanivora*, is a limiting pest of potato crops, and its relation with the host plant, potato, is still unknown. The effect that odours of different plant structures produce on the insect's behaviour was studied. The compounds methyl phenyl acetate and sulcatone were also studied, two previously identified plant volatile compounds that are released from flowers and tubers and also produce *T. solanivora* antennal responses. Assays were conducted with an olfactometer and in a mesh-covered cage using capture traps. In the olfactometer the plant structure that most attracted females was the flower. In the mesh cage, a higher female capture was obtained in traps with the compound methyl phenyl acetate at 100µg, and no synergistic effect was observed by combining both compounds. Results suggest the evaluation of additional synthetic compounds from the potato plant and their blends to get a better understanding of behaviour in this insect.

Key words: Guatemalan moth. Semiochemicals. Kairomones. Olfactometer.

Introducción

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* (Povolny, 1973), es uno de los insectos plaga más limitantes en la producción del cultivo de la papa en algunos países de Centro y Sur América. En Colombia este insecto afecta más del 80% de las áreas productoras de papa de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, provocando pérdidas significativas en la producción con una disminución en los rendimientos anuales superior al 30%. Este insecto afecta tanto los tubérculos destinados para semilla en condiciones de almacenamiento como aquellos presentes en el campo (Bosa *et al.* 2008). Los estados larvales se desarrollan dentro de los tubérculos de papa, lo que les confiere una protección física y los hace menos susceptibles a las aplicaciones de insecticidas químicos, hecho que dificulta su manejo.

Sólo unos pocos insecticidas químicos han sido aprobados con registro de uso para su manejo por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Sin embargo, las aplicaciones frecuentes de estos productos pueden generar riesgos para la

salud por exposición aguda y crónica (Liñan 1997). A diferencia de los insecticidas químicos, el uso de semioquímicos incluidas feromonas y kairomonas no representa riesgo toxicológico, ambiental o para la salud humana y están clasificados en la categoría toxicológica IV, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA 2009).

Los semioquímicos juegan un papel importante en la cópula y en el reconocimiento del hospedero por los insectos herbívoros como en el caso de las polillas (Bruce *et al.* 2005). Hasta el momento se han realizado más trabajos sobre feromonas que sobre kairomonas. Principalmente, las feromonas han sido utilizadas como cebos en trampas para atraer a los machos de diferentes especies para su control o para el monitoreo. La feromona de *T. solanivora* atrae a machos en trampas en campo (Bosa *et al.* 2005), pero para el caso de las hembras no existen hasta ahora desarrollos de atrayentes con compuestos volátiles de su planta hospedera para su captura en trampas, que puedan ser utilizados en el sistema de producción de papa. Las kairomonas facilitan la búsqueda de las plantas hospederas por parte de las hembras de insectos

¹ Candidatos a Doctorado, Investigadores Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica, Mosquera. mcitita@yahoo.com, carlosfelipeb@yahoo.es, Autor para correspondencia. ² Candidata a Doctorado Laboratorio de Ecología Química de Insectos, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, SLU. alnarpmiriam.karlsson@slu.se. ³ Ph. D. Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica, Mosquera amcotes@corpoica.org.co. ⁴ Ph.D. Investigador Laboratorio de Ecología Química de Insectos, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, SLU, Alnar.peter.witzgall@phero.net

tos fitófagos, para llevar a cabo la oviposición y la alimentación (Ehrlich y Raven 1964; Murlis *et al.* 1992; Ramaswamy 1988; Renwick y Chew 1994). Las hembras de varias especies reconocen el hábitat adecuado e inician la búsqueda y posterior orientación hacia la planta guiadas por estímulos olfativos y de fototaxis, o por la combinación de ambos (Ramaswamy 1988; Renwick y Chew 1994).

Con respecto a las kairomonas existen ejemplos donde la evaluación de compuestos volátiles de una planta hospedera, ha dado lugar a seleccionar atrayentes en condiciones de campo (Hern y Dorn 2004). La búsqueda de kairomonas de plantas ha arrojado resultados promisorios para el manejo de diferentes especies de lepidópteros plaga. Es el caso de Hughes *et al.* (2003), quienes obtuvieron resultados para el control de *Cydia pomonella* (L., 1758) (Lepidoptera: Tortricidae), con la aplicación de kairomonas sintéticas que compiten con las naturales en campo, para interrumpir la localización de la planta hospedera por parte de las larvas y las hembras de esta especie.

En el caso de los estudios llevados a cabo con insectos plaga como el escarabajo de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera: Crysomelidae), representan un proceso exitoso que condujo a la identificación de compuestos químicos de plantas de papa altamente atrayentes de machos y hembras de esta plaga. Las primeras observaciones fueron realizadas por McIndoo (1926), quien comprobó la atracción de *L. decemlineata* a volátiles emitidos por plantas de papa y posteriormente estas observaciones fueron verificadas por otros autores (De Wilde *et al.* 1969; Landolt *et al.* 1999a). Actualmente se tienen identificadas al menos tres mezclas de compuestos sintéticos que sirven como atrayentes de adultos de *L. decemlineata* (Dickens 1999, 2000). Dichas mezclas corresponden a la combinación en diferentes proporciones de los compuestos volátiles (*Z*)-3-acetato de hexenilo, (\pm)-linalol y salicilato de metilo. Con el hallazgo de estas sustancias, se han propuesto algunas estrategias promisorias para el control del escarabajo de la papa, como el establecimiento de cultivos trampa (Martel *et al.* 2005) y la captura masiva de hembras y machos (Dickens 2002).

La polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Lepidoptera: Gelechiidae), otra plaga de la papa, ha sido objeto de estudios con el fin de dilucidar los mecanismos que intervienen en la localización y selección de su planta hospedera (Arab *et al.* 2007; Fenimore 1988; De Cristofaro *et al.* 2003). Todos estos hallazgos demuestran, que los compuestos volátiles atrayentes son una alternativa para investigar y explotar en el control de los insectos, con el mejoramiento de la productividad de los cultivos.

Estudios de oviposición han demostrado que las hembras de la polilla guatemalteca *T. solanivora* colocan sus huevos en el suelo con presencia de plantas en floración completa, y en el suelo en plantas que se encuentran en proceso de maduración de tubérculos (Karlsson *et al.* 2009). Estos autores reportaron que las hembras ovipositan en el suelo y no en los tallos de las plantas o en el follaje, posiblemente debido a un efecto repelente de compuestos terpenoides liberados por el follaje de las plantas (Karlsson *et al.* 2009). Así mismo, estudios de identificación y caracterización de compuestos volátiles de la papa, han demostrado que varios compuestos emitidos por la papa, entre éstos el metilfenilacetato y sulcatón, originaron respuesta antenal en adultos de *T. solanivora* conjuntamente al ser emitidos de la planta en floración y de los tubérculos (tasa de liberación de 160ng/g/hora y de 3,2ng/

kg/hora, respectivamente) (Karlsson *et al.* 2009). Estos estudios sugieren que determinados compuestos volátiles, facilitan la atracción de las hembras hacia las plantas durante la tuberización y maduración en campo, y también posiblemente favorecen la atracción hacia los tubérculos en condiciones de almacenamiento (Karlsson *et al.* 2009). Es por ello que el presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto que producen compuestos volátiles de la planta, sobre el comportamiento de *T. solanivora* en condiciones de olfatómetro y en jaula de tul.

Materiales y Métodos

Las investigaciones se desarrollaron durante 2008 y 2009 en el Laboratorio de Entomología y en el de Control Biológico del Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Mosquera, Cundinamarca). Los insectos provinieron de una cría de laboratorio mantenida a $20\pm 2^\circ\text{C}$ y 60% de HR y las larvas del insecto se alimentaron con tubérculos de papa. Para los ensayos se utilizó un fotoperiodo artificial de 12:12 horas luz-oscuridad.

Ensayos en condiciones de olfatómetro

Preferencia de hembras por estructuras de la planta de papa. Se evaluaron las estructuras de la planta de papa *Solanum tuberosum* variedad parda pastusa en un olfatómetro de flujo de aire de cuatro brazos según los procedimientos establecidos por López-Ávila y Rincón (2006). Este olfatómetro fue diseñado para la evaluación de respuestas olfativas de microlepidópteros; está constituido por una cámara central de la que se derivan cuatro brazos de elección, cada uno conectado a una columna colectora en la cual se colocan las fuentes de olor. Contiene además un filtro de carbón activado, una bomba o compresor para la circulación del aire y un rotámetro para la medición del flujo de aire. Inicialmente el flujo de aire originado por la bomba es circulado hacia el filtro de carbón para limpiarlo de impurezas provenientes del exterior, luego mediante el rotámetro se regula la presión de este flujo a 5psi, para dirigirlo hacia cada columna colectora y de allí hacia cada brazo de elección de la cámara central. Mediante este funcionamiento se observa y registra el desplazamiento de cada insecto dentro de la cámara central y en los brazos del olfatómetro. Para este ensayo las estructuras evaluadas por columna fueron: tres tubérculos con un peso aproximado de 80g cada uno; una planta completa de tres meses de edad dispuesta en matera con flores y cubierta con bolsa de celofán pero solamente sus flores expuestas; y la planta completa con flores pero sin cubrir con bolsa. Las plantas de papa utilizadas fueron fertilizadas orgánicamente únicamente al inicio de su desarrollo para evitar interferencias químicas en los ensayos.

Este ensayo se desarrolló mediante un diseño completamente al azar con cinco repeticiones en el tiempo. Se utilizaron seis hembras vírgenes de dos a tres días de emergidas en cada repetición para un total de 30 individuos. Cada sesión diaria de evaluación se realizó tres horas antes del inicio del período de luz, ya que en ensayos previos se observó que las hembras del insecto presentaron la mayor actividad comportamental. En cada sesión una sola hembra de *T. solanivora* se colocó en la parte central de la cámara principal del olfatómetro y se evaluó su desplazamiento hasta los 30 minutos frente a las diferentes estructuras de la planta dispuestas en las diferentes columnas y la columna con el brazo restante cons-

tituyó el control por el cual únicamente circulaba aire limpio. Cada día se varió la posición de las estructuras en las columnas con el fin de minimizar el error experimental. En estudios previos de estandarización de las condiciones, se observó que las hembras de *T. solanivora* no presentaron un desplazamiento antes de los primeros cinco minutos de observación, por el contrario su respuesta fue tardía, es por ello que se evaluó cada hembra por un tiempo mayor hasta los 30 minutos.

Se registraron dos parámetros: a) la elección inicial de la hembra por alguno de los brazos de la cámara principal del olfatómetro, y b) el tiempo de permanencia de las hembras en cada brazo (Pivnick *et al.* 1990). Debido a que los resultados para la elección inicial no se distribuyeron normalmente, éstos fueron analizados mediante una prueba de Kruskal Wallis y para el tiempo de permanencia mediante un ANAVA (Análisis de Varianza) con un nivel de significancia de 0,05 mediante el uso del software Statgraphics Plus 2004®. Después de cada sesión diaria, se desodorizaron las columnas del olfatómetro con una solución de Extran-MA 01 alcalino (Merck®) para evitar contaminación cruzada según recomendaciones de Vilela y Della Lucia (2002).

Evaluación de los compuestos volátiles sintéticos de la planta de papa. Los compuestos volátiles previamente identificados y evaluados por Karlsson *et al.* (2009) por producir respuestas en antenas del insecto correspondientes al metilfenilacetato y sulcatón, se evaluaron mediante ensayos en el olfatómetro de cuatro brazos utilizando hembras de *T. solanivora*.

Los compuestos se evaluaron en forma individual o combinada en el olfatómetro; para ello se realizaron tres ensayos, cada uno bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y utilizando seis hembras vírgenes por repetición para un total de 30 individuos por ensayo. En cada sesión experimental, se colocó solamente una hembra en la parte central de la cámara principal del olfatómetro y se evaluó su comportamiento hasta los 30 minutos, frente a la fuente emisora presente en ese momento: 1) el compuesto respectivo, 2) o la combinación de éstos a 10 nanogramos contenidos en un caucho que se colocó en el interior de una de las columnas seleccionada al azar para cada repetición. Los tres brazos restantes constituyeron el control por los cuales solamente circulaba aire limpio. Se registraron dos parámetros de medición: a) la elección inicial de cada hembra por alguno de los brazos del olfatómetro, y b) el tiempo de permanencia de las hembras en cada brazo. Estos parámetros fueron analizados estadísticamente mediante una prueba de Kruskal Wallis para la elección inicial, y un Análisis de Varianza (ANAVA) para el tiempo de permanencia con un nivel de significancia de 0,05. Las condiciones metodológicas fueron similares a las descritas anteriormente.

Ensayos en jaula. Se realizaron dos ensayos fueron en una jaula recubierta con tul de dimensiones 4m x 8m x 2m ubicada en el Centro de Investigación Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca). Las condiciones para la realización de los ensayos fueron de 15°C ± 3, y 52% ± 6 de humedad relativa.

El primer ensayo en la jaula tenía el propósito de seleccionar la dosis adecuada del principal compuesto metilfenilacetato que produjera una respuesta de atracción de adultos del insecto. Se evaluaron 100µg, 1mg y 10mg de dicho compuesto por septo de caucho como material liberador respectivamente. Como tratamiento control se utilizó un septo de

caucho con el solvente de dilución (hexano reactivo analítico al 99% de pureza).

Dentro de la jaula se colocaron los cuatro tratamientos con tres trampas por cada uno, consistentes en recipientes plásticos con aberturas a ambos lados y en su fondo agua con detergente (Fig. 1). Las trampas se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar, manteniendo 2m de distancia entre cada trampa. Semanalmente dentro de la jaula se realizó una liberación controlada de 150 adultos vírgenes (75 hembras y 75 machos) y las trampas se revisaron semanalmente para el registro de adultos capturados en cada trampa por tratamiento. Cada semana se varió la posición de las trampas dentro de la jaula y para evitar pérdidas por evaporación o degradación de las muestras, los cauchos con las dosis fueron renovados con nuevas preparaciones. En total se realizaron cuatro repeticiones en el tiempo y los datos fueron analizados mediante un ANAVA.

En el segundo ensayo en jaula se evaluó el efecto de la combinación de los dos compuestos volátiles, para ello se registró el número de adultos capturados en trampas plásticas cebadas con septos de caucho, que contenían la dosis seleccionada del metilfenilacetato y su combinación con el compuesto sulcatón en las dosis de 100µg, 1mg y 10mg, respectivamente. También se evaluó el sulcatón en forma individual a la dosis de 100µg. Se utilizaron tres trampas por cada combinación y el control. Las condiciones metodológicas fueron similares a las descritas anteriormente y los resultados fueron analizados por un ANAVA y un modelo lineal general MLG para las diferencias entre machos y hembras.

Resultados y Discusión

Preferencia de hembras por estructuras de la planta de papa. Un 44% de las hembras vírgenes de *T. solanivora* prefirieron el brazo del olfatómetro conteniendo las flores con respecto a las demás estructuras evaluadas y al control, aunque estas preferencias no mostraron diferencias estadísticas (Tabla 1). Para el tiempo de permanencia de las hembras en cada uno de los brazos del olfatómetro, sí se observaron diferencias estadísticas donde hubo una preferencia mayor de las hembras por permanecer en el brazo tratado con tubérculos de papa (Tabla 1).



Figura 1. Trampa plástica blanca cebada con volátiles y con agua jabonosa en el fondo.

Tabla 1. Respuesta de hembras a estructuras de la planta de papa en olfatómetro.

| | Promedio de hembras* en el brazo tratado (desviación estándar) (%) | Permanencia en el brazo** tratado (min) |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Planta Completa | 0,8 ± 0,37 (17) | 13,8 ± 5,9 ab*** |
| Tubérculo | 0,8 ± 0,37 (17) | 22 ± 2,0 a |
| Flores | 2,2 ± 0,20 (44) | 9,5 ± 1,6 b |
| Control | 1 ± 0,45 (22) | 9,5 ± 2,2 b |

* Para porcentaje $F_{3,16} = 1,27$; $P = 0,32$. ** Para tiempo de permanencia $F_{3,16} = 4,631$; $P = 0,01$. *** Letras diferentes en la columna señalan diferencias estadísticas al 5%.

En las plantas una de las estructuras que emite mayor número de volátiles son las flores, las cuales presentan un papel crucial en la atracción de los insectos polinizadores (Faegri y van der Pijl 1980; Metcalf y Metcalf 1992). Sin embargo a lo largo de la evolución, se han convertido también en señales que atraen a insectos plaga de las plantas, indicándoles que éstas se encuentran en un estado fenológico óptimo para la herbivoría (Metcalf y Metcalf 1992).

La detección de estímulos químicos por el órgano del olfato en los insectos favorece la localización de recursos indispensables como el alimento, la búsqueda de pareja y los sitios de oviposición (Whittaker y Feeny 1971; Tumlinson *et al.* 1993). En el caso de *T. solanivora*, las hembras localizan su planta hospedera para la obtención de recursos alimenticios y para llevar a cabo la oviposición gracias a las señales químicas que ésta emite (López-Ávila y Rincón 2006) También se ha reportado que el extracto etanólico de la cáscara de los tubérculos de papa, tiene un efecto atrayente en hembras de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Meisner *et al.* 1974).

Evaluación de compuestos sintéticos en olfatómetro. El metilfenilacetato no arrojó diferencias significativas con respecto al tratamiento control ni con la cámara central. En cambio sí hubo diferencias estadísticas cuando se evaluó el sulcatón y la combinación de estos volátiles, donde un mayor número de hembras prefirieron desplazarse hacia los brazos control sin tratar o hacia el brazo tratado con el sulcatón y lo mismo para su combinación, que hacia la cámara central (Tabla 2). Esto posiblemente se debió a que en la cámara central del olfatómetro (punto de liberación) convergen los volátiles procedentes de los brazos, lo cual ocasionó el desplazamiento de las hembras fuera de esta cámara.

Para el tiempo de permanencia no se encontraron diferencias significativas con los compuestos evaluados individualmente y en combinación con respecto a los brazos tratados

con aire limpio (control) Metilfenilacetato Promedio y d.e. (control) = 7,83±2,17 (5,166±6,13); $F_{1,8} = 0,84$; $P = 0,38$. Sulcatón Promedio y d.e. (control) = 13,33±3,68 (9,83±5,25); $F_{1,8} = 1,49$; $P = 0,25$. Mezcla Promedio y d.e. (control) = 9,99±6,99 (10,99±6,16); $F_{1,8} = 0,06$; $P = 0,81$. Sin embargo cabe destacar que las hembras permanecieron un mayor tiempo en el brazo tratado con el sulcatón en comparación con los demás tratamientos, esto conlleva a plantear que posiblemente este compuesto tenga un rol importante en el comportamiento de desplazamiento de las hembras.

Durante los experimentos se observó que algunas hembras permanecieron en la cámara central o en el brazo control, en este sentido es importante tener en cuenta que otros estímulos táctiles o visuales podrían también estar asociados a la respuesta de atracción de una especie. Se sabe que algunos insectos usan y mejoran su búsqueda del hospedero con señales visuales (Rowe 1999; Balkenius *et al.* 2006). También es posible que debido a la complejidad de compuestos volátiles emitidos por la planta de papa (Karlsson *et al.* 2009), la hembra requiera una mayor cantidad de señales para generar respuestas del comportamiento. Otro factor que puede incidir en el tipo de respuesta obtenida es la utilización de insectos provenientes de una cría en laboratorio, ya que se ha reportado que hembras de diferentes especies de Lepidópteros criadas en laboratorio pueden presentar una menor respuesta frente a un estímulo proveniente de su planta hospedera (Rojas-León 1997; Bali *et al.* 1996).

Keiichi *et al.* (1998) también identificaron el compuesto metilfenilacetato, además del 2-feniletanol y un alcohol bencílico como los principales constituyentes volátiles emitidos de flores de *Ligustrum japonicum* Thunb., 1780 de la familia Oleaceae. En este estudio el metilfenilacetato produjo respuestas intermedias del comportamiento en *Pieris rapae* L., 1758 (Lepidoptera: Pieridae), medidas como respuestas en antenas de adultos por la técnica de la electroantenografía y como extensión de la probóscide, concluyéndose que proba-

Tabla 2. Respuesta de hembras a volátiles sintéticos de la planta de papa en olfatómetro.

| | Metilfenilacetato | Control | Cámara central |
|-----------------|-------------------|-----------|----------------|
| Promedio (d.e.) | 2,4±0,498 | 2±0,449 | 1,6±0,449 |
| | <u>Sulcatón</u> | Control | Cámara central |
| Promedio (d.e.) | 2,6±0,504 | 2,8±0,507 | 0,6±0,305* |
| | <u>Mezcla</u> | Control | Cámara central |
| Promedio (d.e.) | 2,2±1,095 | 3,8±1,095 | 1±0,707* |

* Indica diferencias significativas dentro de cada fila. Metilfenilacetato: $K-W_{2,87} = 1,64$; $P = 0,44$. Sulcatón: $K-W_{2,87} = 10,97$; $P = 0,004$. Mezcla metil+sulc: $K-W_{2,87} = 9,05$; $P = 0,010$.

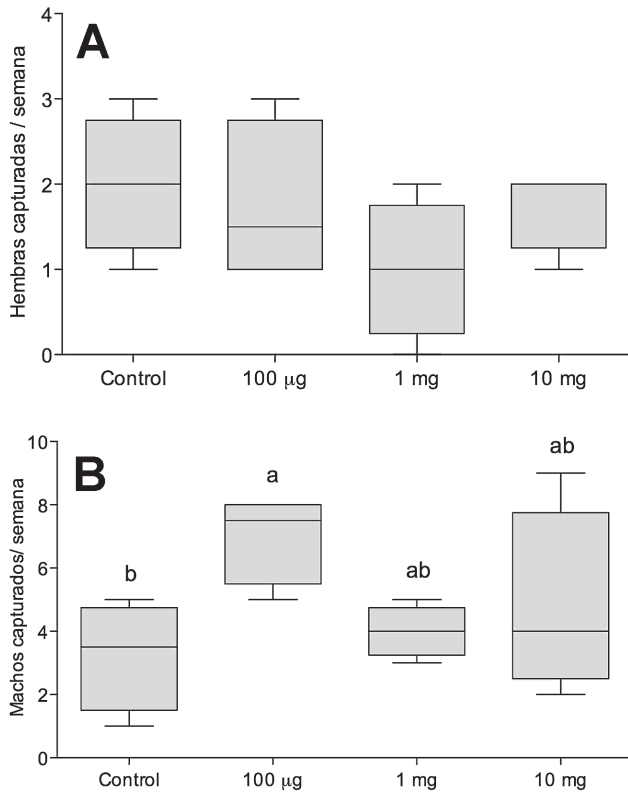


Figura 2. Promedio de capturas de hembras y machos de *T. solanivora* en trampas cebadas con el compuesto metilfenilacetato en jaula. **A.** Para hembras $F_4: 1,080; P = 0,26$. **B.** Para machos $F_4: 4,5; P = 0,034$. La línea horizontal dentro de cada caja representa la mediana de los datos y sus dos cuartiles ubicados a los extremos de la caja. Las líneas externas superior e inferior de cada caja representan la desviación estándar.

blemente este compuesto floral en adición con otros cuatro, son los que contribuyen en un radio de acción corta a la atracción del insecto hacia la planta hospedera para la búsqueda de fuentes de alimento. La utilización de hembras vírgenes en experimentos de olfatometría, se debe a que con frecuencia éstas utilizan las plantas hospederas para diversos propósitos (Rojas-León 1997). Por ejemplo, las hembras pueden utilizar a las plantas hospederas como lugares de encuentro para la cópula. Así mismo Landolt *et al.* (1999b) encontraron que hembras de *Trichoplusia ni* (Hübner, 1800-1803) (Lepidoptera: Noctuidae), fueron atraídas significativamente por el sexo opuesto en presencia de algodón que es su planta hospedera.

Evaluación de los compuestos sintéticos en jaula. Para las capturas de hembras por semana con el compuesto metilfenilacetato no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados indican que las menores capturas de hembras fueron obtenidas con 1mg de este compuesto, y al incrementarse la dosis de 100mg a 10mg no se observó un incremento en las capturas de hembras (Fig. 2A). Por otra parte con las trampas control sin cebar, se obtuvieron también capturas de hembras y machos, esto posiblemente se debió a la corta distancia entre cada trampa (2m), y al color blanco de las trampas que podría funcionar como un atrayente visual. Para las capturas de machos por semana con el metilfenilacetato se observaron diferencias estadísticas a la dosis de 100mg con respecto a los demás tratamientos, e igualmente

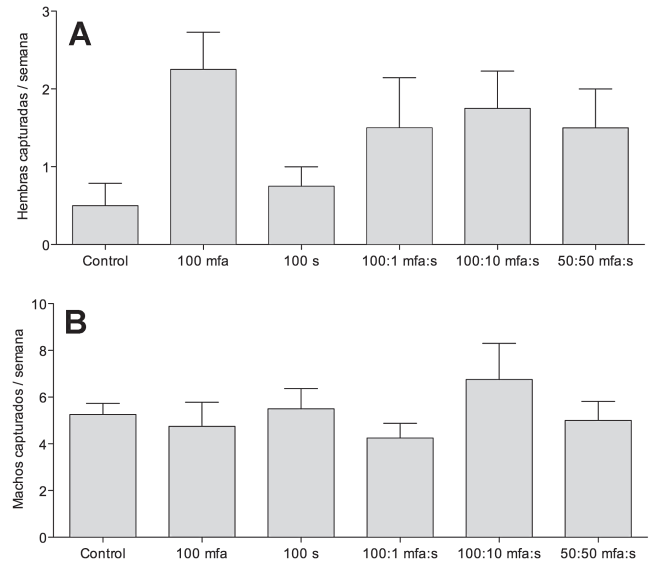


Figura 3. Promedio de capturas de hembras y machos de *T. solanivora* en trampas cebadas con los compuestos metilfenilacetato (mfa) y sulcatón (s) en jaula, y desviación estándar. **A.** Para hembras $F_4: 2,481; P = 0,08$. **B.** Para machos $F_6: 1,563; P = 0,23$.

se evidencia que no existe un efecto sinérgico en las capturas, cuando se incrementó la dosis a 1 y 10mg del compuesto. De acuerdo con estos resultados se decidió continuar utilizando la dosis de 100mg para los posteriores ensayos (Fig. 2B).

No se observaron diferencias significativas en las capturas de adultos durante la evaluación de las diferentes combinaciones de los dos compuestos volátiles en trampas ni un efecto sinérgico al combinarlos (Figs. 3 A-B). Sin embargo, al comparar entre sexos las capturas, se observó una diferencia significativa ($F=109,19; P \ll 0,001$) donde un mayor número de hembras fueron capturadas por el compuesto metilfenilacetato a la dosis de 100mg (Fig. 3A). Estudios previos de electroantenografía utilizando hembras y machos de *T. solanivora*, indicaron que las antenas responden a varios sesquiterpenos y monoterpenos, entre éstos al metilfenilacetato, que fue evaluado en la presente investigación y que corresponde a un compuesto floral que es liberado en altas cantidades por las plantas en floración y también es liberado por los tubérculos de papa según Karlsson *et al.* (2009). Estos autores sugieren que posiblemente este compuesto facilita una mayor atracción de las hembras hacia las plantas en tuberización en campo, y posiblemente favorece la atracción hacia los tubérculos en condiciones de almacenamiento.

Los resultados con la dosis de 100mg del metilfenilacetato para el caso de los machos (Fig. 2B) y para las hembras (Fig. 3A), podrían estar asociados con los receptores nerviosos de las antenas ya que éstos requieren de muy bajas concentraciones de un compuesto (umbral de respuesta) para generar un potencial de acción, como es el caso de las feromonas que generalmente se liberan en cantidades del orden de nanogramos (Witzgall *et al.* 2008). Para el caso de las feromonas sexuales de muchas especies de lepidópteros, se sabe que altas concentraciones sintéticas de los compuestos pueden generar inhibición de su comportamiento por mecanismos de saturación (Miller *et al.* 2006), y es posible que lo mismo ocurra con la utilización de compuestos volátiles sintéticos de las plantas hospederas.

El metilfenilacetato también ha sido reportado como atrayente de hembras en otros insectos como el escarabajo de cuernos largos *Anaglyptus subfasciatus* Pic, 1906 (Coleoptera: Cerambycidae), ya que en trampas cebadas con una mezcla de los compuestos (R)-3-hidroxi-2-hexanona, (R)-3-hidroxi-2-octanol y metilfenilacetato, se capturó mayor número de hembras del insecto que en trampas cebadas con los compuestos sin combinar (Kiyoshi *et al.* 1997). Así mismo Sakakibara *et al.* (1998) encontraron capturas significativas en trampas utilizando este compuesto para este insecto en bosques de *Fagus crenata* Blume (Fagaceae).

La polilla guatemalteca de la papa es una especie monófaga, por lo que se puede sugerir que presenta una relación estrecha con su planta hospedera. Esto posiblemente se debe a que el insecto desde sus estados inmaduros se alimenta de los tubérculos de la planta. El comportamiento de las hembras en la localización de su planta hospedera, ha sido objeto de estudio con el fin de desarrollar metodologías para interrumpir el proceso de oviposición, que es vital para la permanencia del insecto en el cultivo y en sitios de almacenamiento de papa. En este sentido, la identificación química y la caracterización biológica de un mayor número de sustancias implicadas en la localización de su hospedero, permitirá avanzar en el estudio del comportamiento de las hembras con miras al desarrollo de nuevas tecnologías de manejo de la plaga.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR y del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola Asohofrucol por la financiación de la presente investigación.

Literatura citada

- ARAB, A.; TRIGO, J. R.; LOURENÇÃO, A. L.; PEIXOTO, A. M.; RAMOS, F.; BENTO, J. M. S. 2007. Differential attractiveness of potato tuber volatiles 524 to *Phthorimaea operculella* (Gelechiidae) and the predator *Orius insidiosus* (Anthracoridae). *Journal of Chemical Ecology* 33: 1845-1855.
- BALI, G.; RAINA, T.; KINGAN, T.; LÓPEZ, J. 1996. Ovipositional behavior of newly colonized corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) females and evidence for an oviposition stimulating factor of male origin. *Annals of the Entomological Society of America* 89: 475-480.
- BALKENIUS, A.; ROSÉN, W.; KELBER, A.W. 2006. The relative importance of olfaction and vision in a diurnal and a nocturnal hawkmoth. *Journal of Comparative Physiology A* 192: 431-437.
- BOSA, F.; WITZGALL, P.; COTES, A.M.; FUKUMOTO, T. 2005. Evaluación de la técnica de la interrupción de la copula de *Tecia solanivora* (Lep:Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología* 31 (2): 145-150.
- BOSA, C.F.; OSORIO, P.; COTES, A.M.; BENGTSSON, M.; WITZGALL, P.; FUKUMOTO, T. 2008. Control de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante su feromona para la interrupción del apareamiento. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (1): 68-75.
- BRUCE, J. A.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. 2005. Insect host location: a volatile situation. *Trends in Plant Science* 10: 269-274.
- DE CRISTOFARO, A.; ANFORA, G.; GERMINARA, G.S.; CRISTOFARO, M.; ROTUNDO G. 2003. Olfactory and behavioural responses of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) adults to volatile compounds of *Solanum tuberosum* L. *Phytophaga* 13: 53-61.
- DE WILDE, J.; HILLE RIS LAMBERS-SUVERKROPP, K.; VAN TOL, A. 1969. Response to airflow and airborne plant odor in Colorado beetle. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 75: 53-57.
- DICKENS, J. 1999. Predator-prey interactions: olfactory adaptations of generalist and specialist predators. *Agricultural and Forest Entomology* 1: 47-54.
- DICKENS, J. 2000. Orientation of Colorado potato beetle to natural and synthetic blends of volatiles emitted by potato plants. *Agricultural and Forest Entomology* 2: 167-172.
- DICKENS, J. 2002. Behavioral responses of larvae of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Crysomelidae), to host plant volatiles blends attractive to adults. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 309-314.
- EHRlich, P.; RAVEN, P. 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* 18: 586-608.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2009. Plaguicidas registrados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América. Bioplaguicidas: atrayentes de insectos plaga. Disponible en: <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ingredients/>. Fecha de consulta: 22 octubre, 2009.
- FAEEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. 1980. The principles of pollination ecology. Ed. Pergamon. Oxford. pp 291.
- FENEMORE, P. 1988. Host-plant location and selection by adult potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. *Journal of Insect Physiology* 34: 175-177.
- HERN, A.; DORN, S. 2004. A female-specific attractant for the codling moth, *Cydia pomonella*, from apple fruit volatiles. *Naturwissenschaften* 26: 77-88.
- HUGHES, W.; GAILEY, D.; KNAPP, J. 2003. Host location by adult and larval codling moth and the potential for its disruption by application of kairomones. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 106: 147-153.
- KARLSSON, M.; BIRGERSSON, G.; COTES, A.; BOSA, F.; BENGTSSON, M.; WITZGALL, P. 2009. Plant odor analysis of potato: Response of Guatemalan moth to above and below-ground potato volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 5903-5909.
- KEIICHI, H.; HISASHI, O.; NANA, H. 1998. Identification of floral volatiles from *Ligustrum japonicum* that stimulate flower visiting by cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *Journal of Chemical Ecology* 24: 2167-2180.
- KIYOSHI, N.; WALTER, S.; LEAL, T.; MASAHIKO, T.; MIKIO, O.; & MICHITAKA, N. 1997. Increase of trap catches by a combination of male sex pheromones and floral attractant in longhorn beetle, *Anaglyptus subfasciatus*. *Journal of Chemical Ecology* 23: 1635-1640.
- LANDOLT, P.; TUMLINSON, J.; ALBORN, D. 1999a. Attraction of Colorado potato beetle (Coleoptera: Crysomelidae) to damaged and chemically induced potato plants. *Environmental Entomology* 28: 973-978.
- LANDOLT, P.; HEATH, J.; MILLAR, J.; DAVIS-HERNANDEZ, K.; DUEBEN, B.; WARD, K. 1999b. Effects of host plant *Gossypium hirsutum* L. on sexual attraction of cabbage looper moths, *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Chemical Ecology* 20: 2959-2974.
- LIÑAN, C. 1997. Farmacología vegetal. Ediciones aerotécnicas. S.L. Madrid. pp. 1187.
- LÓPEZ-ÁVILA, A.; RINCÓN, D. 2006. Diseño de un olfatómetro de flujo de aire para medir respuestas olfativas de insectos de tamaño mediano y pequeño. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7 (1): 61-65.
- MARTEL, W.; ALFORD, A.; DICKENS, J. 2005. Synthetic host volatiles increase efficacy of trap cropping for management of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Agricultural and Forest Entomology* 7: 79-86.
- McINDOO, N. 1926. An insect olfactometer. *Journal of Economic Entomology* 19: 545-571.

- MEISNER, J.; ASCHER, K.; LAVIE, D. 1974. Factors influencing the attraction to oviposition of the potato tuber moth, *Gnorimoschema operculella* Zell. Zeitschrift fuer Angewandte Zoologie 77: 179-189.
- METCALF, R.; METCALF, E. 1992. Plant kairomones in insect ecology and control. New York Chapman and Hall. 1992. Contemporary Topics in Entomology pp. 168.
- MILLER, J.; GUT, L.; LAME, F.; STELINSKI, L. 2006. Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (Part I): Theory. Journal of Chemical Ecology 32: 2089-2114.
- MURLIS, J.; ELKINTON, J.; CARDÉ, R. 1992. Odor plumes and how insects use them. Annual Review of Entomology 37: 505-532.
- PIVNICK, K.; JARVIS, B.; SLATER, G.; GILLOT, C.; UNDERHILL, E. 1990. Attraction of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to volatiles of oriental mustard: the influence of age, sex, and prior exposure to mates and host plants. Environmental Entomology 19: 704-709.
- RAMASWAMY, S. 1988. Host finding by moths: sensory modalities and behaviors. Journal of Insect Physiology 34 (3): 235-249.
- RAYMOND, B.; DARBY, A.; DOUGLAS, A. 2000. The olfactory responses of coccinellids to aphids on plants. Entomologia Experimentalis et Applicata 95: 113-117.
- RENWICK, J., CHEW, F. 1994. Oviposition behavior in Lepidoptera. Annual Review of Entomology 39: 377-400.
- RINCÓN, D. F. 2005. Detección y evaluación de volátiles atraentes para la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Trabajo de grado para optar al título de Biólogo. Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 74pp.
- ROJAS-LEÓN, J. 1997. Host finding and oviposition behavior of the cabbage moth, *Mamestra brassicae* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). PhD dissertation. Oxford University, Oxford. International Society of Chemical Ecology. Vancouver, Canada.
- ROWE, C. 1999. Receiver psychology and the evolution of multi-component signals. Animal Behaviour 58: 921-931.
- SAKAKIBARA, Y.; AKIRA, K.; AKIOMI, Y. 1998. Performances of four chemicals with floral scents as attractants for Longicorn beetles in a Broadleaved forest. Journal Forest Research 3: 221-224.
- TUMLINSON, J.; TURLINGS, T.; LEWIS, W. 1993. Semiochemically mediated foraging behavior in beneficial parasitic insects. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 22: 385-391.
- VILELA, E.; DELLA LUCIA, T. 2002. Introdução à ecologia química dos insetos. Feromonios de insetos: biologia, química e aplicação no manejo de pragas. Universidad Federal de Vinosa. 2ª Edição. Viçosa, Brasil, 153pp.
- WHITTAKER, R.; FEENY, P. 1971. Allelochemicals-chemical interactions between species. Science 171: 757-770.
- WITZGALL, P.; STELINSKI, L.; GUT, L.; THOMSON, D. 2008. Codling moth management and chemical ecology. Annual Review of Entomology 53: 503-22.

Recibido: 2-abr-2010 • Aceptado: 5-ene-2011