

# Capítulo 2

## Búsqueda de la planta hospedera por parte de larvas y adultos de la polilla guatemalteca de la papa



---

*Carolina Camargo Gil*  
*Diego Fernando Rincón Rueda*  
*Edison Valencia Pizo*  
*Diego Cuadros*  
*Aristóbulo López-Ávila*

### Introducción

**Los aleloquímicos son sustancias que se encuentran relacionadas** con la comunicación entre organismos. Estos se pueden dividir de acuerdo con el efecto ecológico que tienen. Las alomonas son aquellas sustancias cuyo efecto beneficia

al emisor; las kairomonas son las sustancias cuya acción favorece al receptor; y las sinomonas son las sustancias que favorecen mutuamente al emisor y al receptor (Howse, 1998).

La búsqueda de plantas hospederas por parte de los insectos fitófagos para la oviposición y la alimentación está particularmente asociada con la emisión de kairomonas (Ramaswamy, 1988; Renwick y Chew, 1994; Heard, 1999). Por este motivo, la identificación y caracterización de las kairomonas de plantas han sido estudiadas como estrategia para el control de plagas. Se ha demostrado que tanto las larvas como los adultos de los insectos son guiados hacia plantas hospederas o plantas de mejor calidad por kairomonas (Russ, 1976; Hughes *et al.*, 2003).



Los tubérculos de la planta de papa constituyen la única fuente de alimentación para las larvas *T. solanivora*. Las hembras depositan los huevos sobre la superficie del suelo y alrededor del cuello de la planta de papa (López-Ávila y Barreto, 2004) y no directamente sobre los tubérculos, lo cual significa que las larvas deben enterrarse para poder encontrar los tubérculos. Esto sugiere que es posible que las larvas de la polilla guatemalteca estén utilizando kairomonas generadas por los tubérculos para encontrarlos de forma rápida y exitosa. Otra opción que no es excluyente puede ser que las kairomonas de los tubérculos le indiquen a la hembra que oviposite directamente encima de estos. Por este motivo, la detección y caracterización de sustancias implicadas en la localización de los tubérculos por parte tanto de larvas como de hembras adultas constituyen un aspecto fundamental para el desarrollo de nuevas metodologías de manejo.

Aunque algunos de los aspectos básicos del comportamiento de los adultos de *T. solanivora* se conocen, el comportamiento de esta hacia únicamente kairomonas de la papa es desconocido. Además, el comportamiento de las larvas en la tierra y las señales que estas utilizan para localizar los tubérculos son ampliamente desconocidos. Los siguientes estudios trataron de vislumbrar cuáles son las señales químicas producidas por las plantas que podrían estar influenciando el comportamiento de larvas (Camargo *et al.*, 2010) y adultos de la polilla guatemalteca de la papa (Rincón, 2005).

## Materiales y métodos

**Cría de insectos.** Los insectos utilizados en los experimentos provinieron de una cría de *T. solanivora* establecida en la Unidad de Cría y Producción de Insectos del C. I. Tibaitatá. Las pupas y los adultos se mantuvieron en el Laboratorio de Ecología y Comportamiento de Insectos en condiciones controladas de temperatura ( $21 \pm 2$  °C), humedad relativa ( $44 \pm 6\%$ ) y fotoperiodo (12 h: 12 h). Las pupas se mantuvieron en cubetas de 20 cm de ancho, 30 cm de alto y 20 cm de fondo y los adultos en frascos de vidrio de 300 ml con un algodón impregnado con miel diluida en agua al 10% como alimento para los insectos (Figura 8).

**Plantas y tubérculos.** Todas las plantas y tubérculos utilizados en los experimentos de laboratorio se mantuvieron en una casa de malla. Plantas de papa pastusa (*Solanum tuberosum*) fueron sembradas en materas plásticas de 30 cm de diámetro y 40 cm de profundidad. Se utilizaron plantas de 6 a 8 semanas para todos los experimentos realizados; estas plantas fueron cubiertas con mallas para protegerlas de otros insectos herbívoros, ya que la herbivoría puede afectar los volátiles emitidos por las plantas (Holopainen, 2004) (Figura 9).

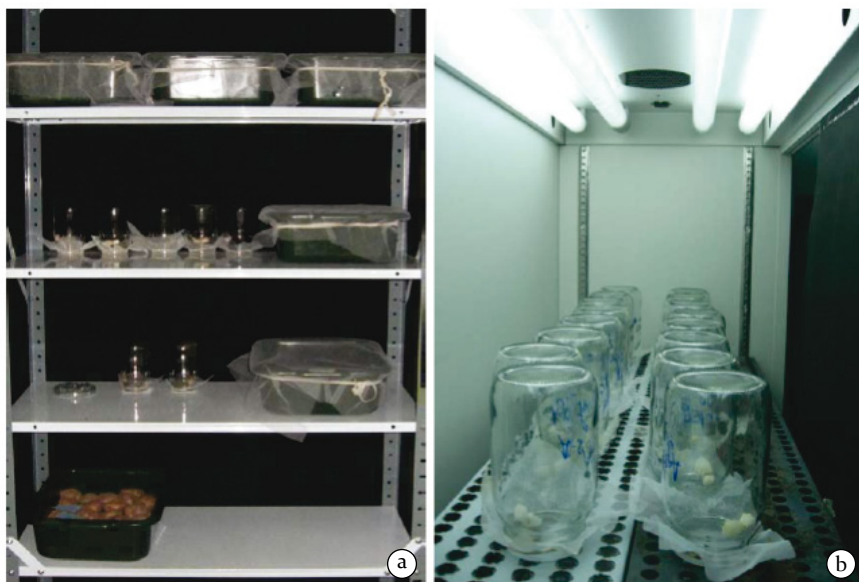


Figura 8. a. Cría mantenida en el Laboratorio de Ecología y Comportamiento de Insectos; b. Detalle del mantenimiento de los adultos utilizados en los experimentos.

Fotografía: Laboratorio Entomología, Corpoica.



Figura 9. Material vegetal destinado para los ensayos de olfatometría con *Tecia solanivora*.

Fotografía: Laboratorio de Entomología, Corpoica.

**Ensayos de atracción de larvas a olores de los tubérculos.** Este experimento se llevó a cabo en condiciones semicontroladas de casa de malla en las instalaciones de Corpoica, C. I. Tibaitatá. En terrarios de 75 cm de alto, 50 cm de ancho y 75 cm de profundidad se enterraron 7 tubérculos de papa (*Solanum phureja*) a 15 cm de profundidad (Figura 10). Se colocaron 50 larvas de no más de ocho horas de edad y sin previa alimentación a diferentes distancias y ángulos de los tubérculos enterrados, conformándose a su vez cuatro tratamientos: el primer tratamiento consistió en colocar larvas sobre la superficie del suelo, justo en el sitio donde fueron enterrados los tuber-



culos; en el segundo las larvas se colocaron sobre la superficie del suelo a 26 cm de la fuente de alimentación; en el tercer tratamiento se colocaron las larvas sobre la superficie del suelo a 44 cm de la fuente de alimentación; y en el cuarto tratamiento se ubicaron las 50 larvas sobre la superficie del suelo a 75 cm de la fuente de alimentación (Figura 11) (Camargo *et al.*, 2010).

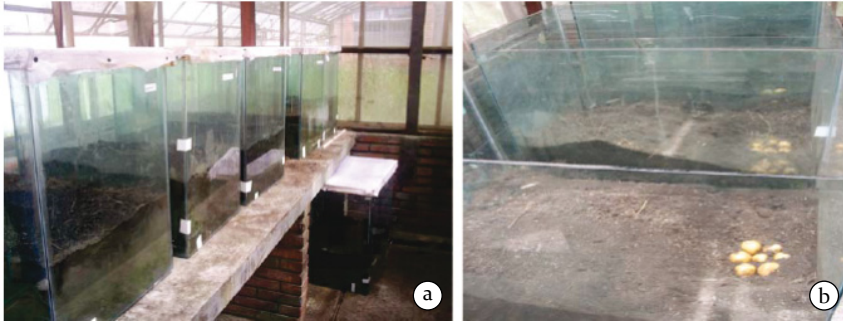


Figura 10. Fotografías de los terrarios utilizados. a. Unidades experimentales conformadas en condiciones de casa de malla; b. Disposición de los tubérculos de papa criolla dentro de los terrarios.

Fotografía: Laboratorio de Entomología, Corpoica.

Después de 15 días se contaron cuántas larvas había en los tubérculos. Este montaje permitió determinar la capacidad de las larvas para detectar los tubérculos cuando están a diferentes distancias de estos o si el geotropismo positivo es el comportamiento prioritario que obliga a las larvas a enterrarse y buscar el alimento.

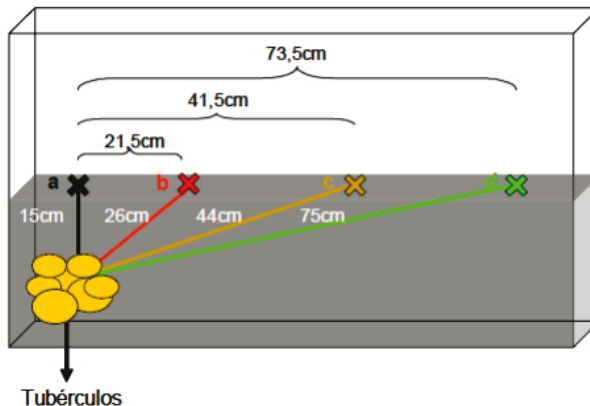


Figura 11. Ilustración de los tratamientos del experimento realizado. Los puntos de liberación de las larvas se encuentran marcados con "X". Adaptado de Camargo *et al.*, 2010.

Posteriormente se llevó a cabo un segundo experimento con el fin de determinar el efecto que tienen las sustancias volátiles de tubérculos de papa en



la capacidad de las larvas *T. solanivora* de encontrar tubérculos de papa con y sin los volátiles liberados por estos. Para tal fin se montaron dos tratamientos que consistieron en grupos de cuatro tubérculos de papa criolla (*S. phureja*) dentro de recipientes plásticos de 12 cm de alto y 12 cm de diámetro. En el primer tratamiento los tubérculos fueron cubiertos por una capa de suelo de 10 cm, mientras que en el segundo tratamiento los tubérculos se cubrieron con una capa de carbón activado granulado de 4 cm de espesor y 6 cm de suelo. En la superficie se pusieron 100 huevos de *T. solanivora* y después de diez días se contó el número de larvas encontrado dentro de los tubérculos mediante un muestreo destructivo. El carbón activado se utilizó para atrapar los compuestos volátiles emitidos por los tubérculos, ya que este material es muy conocido por su capacidad de retener compuestos solubles en el aire, como lo son los volátiles producidos por las plantas (Dresselhaus, 1997).

## Identificación de las estructuras de la planta de papa que atraen hembras de *Tecia solanivora*

**Fuentes de olor.** Se utilizaron plantas de papa criolla en estado de floración sembradas en materas como fuentes de volátiles. Para obtener los olores de las estructuras de interés de la planta, estas se dejaron descubiertas y las demás estructuras de la planta fueron cubiertas con bolsas de polietileno, ya que el corte de estas desencadena la emisión de sustancias volátiles, diferentes a aquellas de plantas sanas que pueden afectar la respuestas de las hembras de *T. solanivora* (Rincón, 2005). Se evaluó la respuesta de las hembras hacia el olor producido por el follaje, las flores, 1 kg de tubérculos de papa enterrados a 10 cm de profundidad, y el tratamiento control que fue una corriente de aire filtrado libre de olores vegetales (Figura 12).

**Ensayo en olfatómetro de cuatro vías.** Para determinar cuáles órganos de la planta de papa son los más atractivos se utilizaron hembras vírgenes de tres días de emergidas. Las pruebas se realizaron entre las 5 y las 8 am, ya que a esta hora las polillas son más activas. Se colocó una hembra de *T. solanivora* en la parte central de la cámara principal del olfatómetro, donde fue expuesta a los volátiles emitidos por las diferentes fuentes de olor para determinar cuál era su preferencia. Se realizaron 50 pruebas una a la vez con las fuentes de olor distribuidas al azar en las cámaras colectoras del olfatómetro. Todas las sesiones fueron realizadas bajo las mismas condiciones de iluminación, pues la intensidad de la luz afecta el comportamiento de este insecto. Se registró el tiempo empleado por el insecto en cada uno de los brazos del olfatómetro, el número de entradas hacia cada uno de los tratamientos y la primera elección (porcentaje de respuestas positivas) de cada hembra (Figura 12).

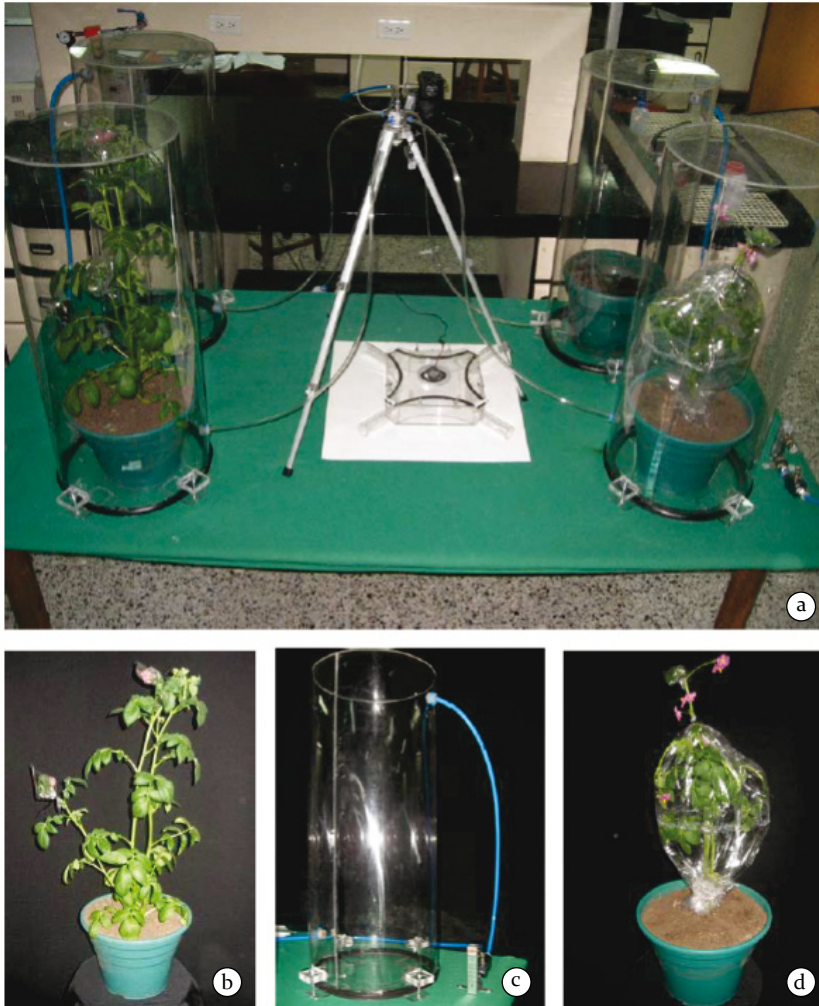


Figura 12. Montaje del olfatómetro de cuatro vías. a. Conformación general en el olfatómetro; b. Planta de papa con las flores cubiertas con bolsas de poliacetato; c. Tratamiento control sin fuente de olor; d. Planta de papa con el follaje cubierto con bolsas de poliacetato. Adaptado de Rincón, 2005.

## Resultados

**Atracción de larvas hacia los olores de los tubérculos.** En el primer ensayo se detectaron diferencias significativas ( $P < 0,0001$ ) en la supervivencia de las larvas en los diferentes tratamientos. En el tratamiento 1, aquel en el que las larvas se ubicaron directamente sobre los tubérculos, se registró una supervivencia mayor que en los demás tratamientos (Tabla 1). En todos los demás tratamientos la supervivencia fue aproximadamente 75% menor con respecto al tratamiento 1.



Tabla 1. Promedio de la supervivencia de las larvas de *T. solanivora* en cada uno de los tratamientos.

\*Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según una prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Tratamiento	Sobrevivencia promedio (%)*
15 cm	21,83 a
26 cm	5,66 b
44 cm	4,16 b
75 cm	6,00 b

En el segundo ensayo no se observaron diferencias significativas en la supervivencia de las larvas en los montajes con y sin carbón activado (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de la supervivencia de las larvas de *T. solanivora* en cada tratamiento con y sin carbón activado. La prueba de t de Student no encontró diferencias significativas ( $P=0,33$ ).

Tratamiento	Sobrevivencia promedio (%)*
Sin carbón activado	31 $\pm$ 15,73
Con carbón activado	25,8 $\pm$ 14,72

**Identificación de las estructuras de la planta de papa que atraen hembras de *Tecia solanivora*.** En los ensayos de olfatometría se observó una atracción estadísticamente significativa por parte de las hembras vírgenes hacia las flores de la planta de papa (Figura 13). Aunque no se registraron diferencias significativas para el tiempo de permanencia en los diferentes brazos, sí se pudo observar una leve preferencia hacia los tubérculos (Figura 14).

## Discusión

**Atracción de larvas hacia los olores de los tubérculos.** Los resultados evidencian la presencia de un fuerte geotropismo positivo (un movimiento hacia el centro de la tierra) en el comportamiento de las larvas neonatas de *T. solanivora*. Esto sugiere que este es una parte fundamental del comportamiento de búsqueda de hospederos de las larvas de *T. solanivora*. La ausencia de diferencias entre los tratamientos 2, 3 y 4 muestra que las larvas tienen una capacidad pobre para encontrar los tubérculos y resalta la importancia de la elección de sitio de oviposición por parte de las hembras. Johnson y Gregory (2005) sugieren que las larvas de los insectos del suelo no utilizan

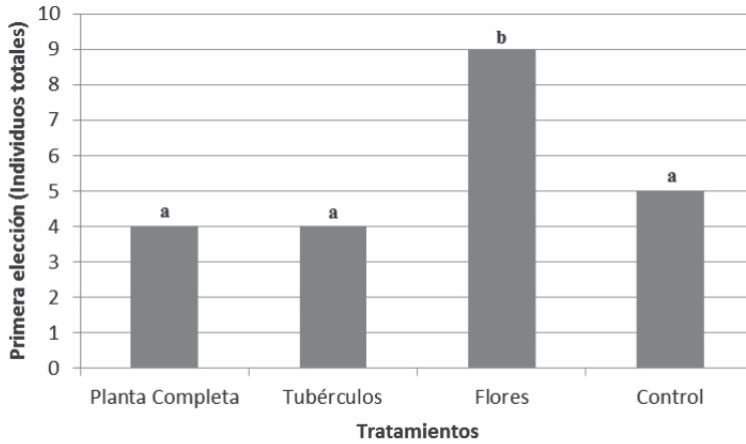


Figura 13. Primera elección de hembras vírgenes de *T. solanivora* frente a diferentes estructuras de la planta de papa *S. tuberosum*. Barras con diferentes letras presentan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P = 0,029$ ). Adaptado de Rincón, 2005.

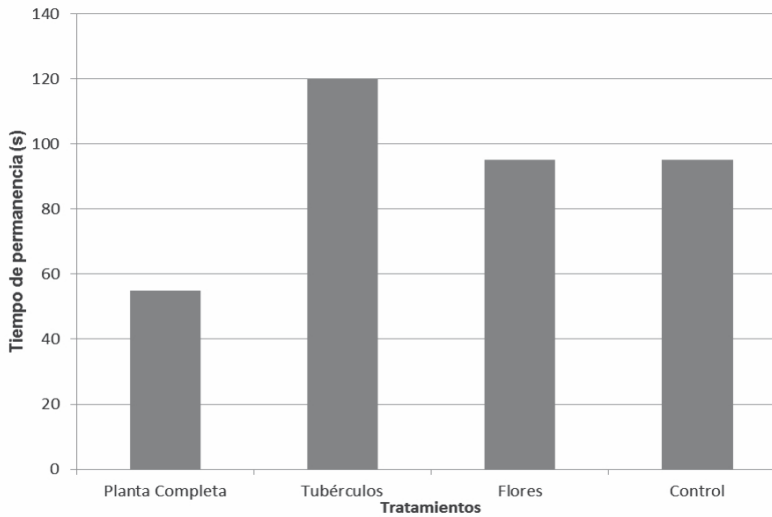


Figura 14. Tiempo de permanencia de hembras vírgenes de *T. solanivora* en brazos del olfatómetro cebados con diferentes estructuras de la planta de papa *S. tuberosum*. El análisis de Anova no encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Adaptado de Rincón, 2005.

señales visuales para encontrar su fuente de alimentación sino señales físicas o químicas. Los resultados del segundo ensayo sugieren que probablemente no existe un efecto de los volátiles de los tubérculos en la orientación de las larvas hacia estos, lo cual ha sido reportado en otras especies de insectos de suelo (Johnson & Gregory, 2005) Es posible que otras señales, tales como



señales físicas y químicas de contacto, estén jugando un papel importante en la localización de los tubérculos por parte de las larvas de *T. solanivora*. La disminución en la supervivencia de las larvas sí sugiere una limitada capacidad para orientarse hacia los tubérculos; sin embargo, otros factores como entomopatógenos, inanición, depredadores y humedad, pudieron ser los responsables de la baja supervivencia de las larvas y no necesariamente la incapacidad de estas para localizar los tubérculos de papa.

Es posible que las larvas neonatas de *T. solanivora* inicialmente sean guiadas hacia los tubérculos por un fuerte geotropismo positivo que puede ser complementado por la influencia de sustancias químicas no volátiles provenientes de los tubérculos de papa. De acuerdo con diferentes trabajos (Bernklau y Bjostad, 1998; Horton y Landolt, 2002), es posible que las larvas neonatas de *T. solanivora* tengan la capacidad de detectar metabolitos secundarios producidos por la planta. Los metabolitos secundarios con frecuencia están implicados en la identificación de hospederos específicos a distancias cortas por parte de los insectos del suelo (Johnson y Gregory, 2005). Es necesario llevar a cabo estudios que definan el papel de otros compuestos químicos del suelo en el comportamiento de las larvas neonatas de *T. solanivora* para poder desarrollar una buena estrategia de control de larvas con base a compuestos químicos naturales de la planta de la papa.

**Identificación de las estructuras de la planta de papa que atraen hembras adultas de *Tecia solanivora*.** Es bien sabido que una de las estructuras de la planta que emite mayor número de volátiles son las flores. Estos volátiles juegan un papel crucial en la atracción de insectos polinizadores, pero a lo largo de la evolución se han convertido también en señales que atraen a los insectos plaga de la planta, indicándoles que esta se encuentra en un estado fenológico óptimo ya que no posee niveles tan elevados de defensas naturales como las plántulas, ni ha perdido gran parte de sus nutrientes como en las plantas maduras; de allí se deriva que el estado de floración sea uno de los preferidos por los insectos plaga. La detección de estímulos químicos es uno de los sentidos más importantes para los insectos, debido a que está implicada en la localización de los recursos indispensables como el alimento, la búsqueda de pareja y los sitios de oviposición. En el caso de *T. solanivora*, las hembras localizan la planta hospedera para la ubicación de los recursos alimenticios y para llevar a cabo la oviposición gracias a las señales químicas que esta emite (Karlsson *et al.*, 2009).

Dado que en la planta de papa la floración coincide con la tuberización y que los tubérculos son la principal fuente de alimento de las larvas, es posible que los volátiles emitidos por la flor sean una señal clave para la selección de la planta huésped y oviposición por parte de las hembras de *T. solanivora*.



De hecho, se ha registrado que las hembras prefieren ovipositar sobre tubérculos que coinciden con el estado de floración (Karlsson *et al.*, 2009).

De los resultados obtenidos, se observó que un alto porcentaje de las hembras evaluadas permanecieron quietas o inmóviles en la cámara principal del olfatómetro, sin elegir algún brazo, lo cual llevó a que no se registraran diferencias significativas. Esto posiblemente se debió a la utilización de insectos provenientes de la cría confinada en el 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. También es posible que debido a la complejidad de compuestos volátiles emitidos por la planta de papa (Karlsson *et al.*, 2009) la hembra requiera de una mayor cantidad de señales para generar respuestas comportamentales de atracción o repulsión. Igualmente, es posible que exista un efecto de estímulos táctiles o visuales asociados a la respuesta de atracción.

Otro factor que pudo influir en los resultados de olfatometría es que las plumas naturales de olor son intermitentes en el tiempo y el espacio, debido a la dirección y velocidad variable del viento que hace que estas se conviertan en filamentos discretos intercalados con corrientes de aire limpio. Esta naturaleza intermitente es importante para que los insectos se orienten a lo largo de la pluma, porque impide la fatiga sensorial e insensibilización de los receptores antenales.

La utilización de hembras vírgenes en experimentos de olfatometría se debe a que con frecuencia estas utilizan a las plantas hospederas para diversos propósitos, además de la oviposición (Rojas, 1999). Por ejemplo, las hembras pueden utilizar a las plantas hospederas como lugares de encuentro para la cópula. Landolt *et al.* (1994) encontraron que hembras de *Trichoplusia ni* fueron atraídas significativamente por el sexo opuesto en presencia de su planta hospedera (plantas de algodón); lo anterior indica que, teniendo en cuenta la baja movilidad de las hembras de *T. solanivora* y en especial aquellas copuladas, se puede interpretar que la respuesta de la hembra hacia los estímulos producidos por la planta va a ser diferente dependiendo si está o no copulada.

## Conclusiones

El papel de los volátiles en la atracción de *T. solanivora* todavía no es claro. Los compuestos volátiles no parecen ayudar a la larva a orientarse hacia la planta, pero aquellos producidos por la flor sí atraen a las hembras. Esto sugiere que para plantear una estrategia de control para la polilla gua-



temalteca utilizando volátiles de la planta el trabajo se debe enfocar hacia el control de adultos hembra y no a modificar el comportamiento de las larvas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bernklau, E.; Bjostad, L. (1998). *Behavioral responses of first-instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) to carbon dioxide in a glass bead bioassay*. Journal of Economic Entomology. 91: 444-456.
- Camargo Gil, C.; Rincón Rueda, D. F.; Valencia, E. (2010). *Localización de hospedero por larvas neonatas de Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(1): 5-10.
- Dresselhaus, M. (1997). *Future Directions in Carbon Science*. Annual Review of Material Science 27: 1-34.
- Heard, T. (1999). *Concepts in insect host-plant selection behavior and their application to host specificity testing*. En: *Proceedings of the X international symposium on biological control of weeds*. Bozeman, Montana: Julio 4-14. Spencer, N. (Ed.) E.E.U.U. 2-8.
- Holopainen, J. (2004). *Multiple functions of inducible plant volatiles*. Trends in Plant Science. 9 (11): 529-533.
- Horton, D.; Landolt, P. (2002). *Orientation response of pacific coast wireworm (Coleoptera: Elateridae) to food baits in laboratory and effectiveness in the field*. Canadian Entomologist. 134: 357-367.
- Howse, P. 1998. *Pheromones and behaviour*. En: Howse, P.; Stevens, I.; Jones, O. (Eds.). *Insect pheromones and their use in pest management*. Chapman & Hall. Londres (Inglaterra). 3-20.
- 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.
- Johnson, S.; Gregory, P. (2005). *Chemically-mediated host-plant location and selection by root-feeding insects*. Physiological Entomology. 13: 1-13.
- Karlsson, M. F.; Birgersson, G.; Cortes Prado, A. M.; Bosa, F.; Bengtsson, M.; Witzgall, P. (2009). *Plant odor analysis of potato: response of the Guatemalan Moth to above- and belowground potato volatiles*. J. Agric. Food Chem. 57: 5903-5909.
- Landolt, P.; Heath, J.; Millar, J.; Davis-Hernández, K.; Dueben, B.; Ward, K. (1994). *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.
- López-Avila, A.; Barreto, N. (2004). *Generación de componentes tecnológicos para el manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora (Povolny) con base en el conocimiento de la biología, comportamiento y dinámica de la población de la plaga*. Bogotá D. C.: Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Informe técnico. Corpoica-Pro-natta. 159.
- Ramaswamy, S. (1988). *Host finding by moths: sensory modalities and behaviors*. Journal of Insect Physiology. 34 (3): 235-249.
- Renwick, J.; Chew, F. (1994). *Oviposition behavior in Lepidoptera*. Annual Review of Entomology. 39: 377-400.
- Rincón, D. (2005). *Detección y evaluación de volátiles atrayentes para la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Bogotá, Colombia: Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. 74 p. (Trabajo de grado para optar al título de Biólogo).
- Rojas, J. (1999). *Influence of age, sex and mating status, egg load, prior exposure to mates, and time of the day on host-finding behavior of Mamestra brassicae (Lepidoptera: Noctuidae)*. Environmental Entomology. 28 (2): 155-162.
- Russ, K. (1976). *Investigations on the influence of fruit odor on the orientation of codling moth (Laspeyresia pomponella L.)*. Symposium Biology Hungary. 16: 237-240.