



Corpoica. Ciencia y Tecnología
Agropecuaria

ISSN: 0122-8706

revista_corpoica@corpoica.org.co

Corporación Colombiana de Investigación
Agropecuaria
Colombia

Camargo Gil, Carolina; Rincón Rueda, Diego Fernando; Valencia P., Edison
Localización de hospedero por larvas neonatas de *Tecia solanivora* (Lepidoptera:
Gelechiidae)

Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2010, pp. 5-10
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Cundinamarca, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945028001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Host-location Behavior by Neonate Larvae of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Localización de hospedero por larvas neonatas de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Carolina Camargo Gil¹, Diego Fernando Rincón Rueda²,
Edison Valencia P³.

ABSTRACT

In order to study the host-finding behavior of neonate larvae of *T. solanivora*, two experiments were performed.

In the first one, the displacement capacity of larvae to potato tubers was established. Therefore, 50 neonate larvae were located in four different distances and angles with respect to the power supply. In the second experiment, the influence of chemical cues on the orientation of neonate larvae to the feeding source was determined. In this case, neonate larvae were placed in front of tubers with and without chemical substances.

It was found that first-instar larvae suffer a decrease in their survivor rate when they have to resort to a mechanism different from geotactism to find the potato tubers. On the other hand, the results of the second experiment confirmed that there was no influence of chemical cues on the orientation of neonate larvae to potato tubers.

Keywords: Host Location, Displacement Capacity, Chemical Signals, Geotactism.

RESUMEN

Con el fin de estudiar el comportamiento de localización de tubérculos por las larvas neonatas de *Tecia solanivora*, fueron realizados dos experimentos. En el primero se estableció la capacidad de desplazamiento de las larvas hacia los tubérculos de papa. Para esto, fueron ubicadas 50 larvas neonatas a cuatro distancias y en ángulos diferentes con respecto a la fuente de alimentación. En el segundo se determinó la influencia de las señales químicas en la orientación de las larvas. En este caso se pusieron larvas neonatas frente a tubérculos con y sin emisión de sustancias químicas. Se encontró un declive en la supervivencia de las larvas al aumentar la distancia y el ángulo en donde fueron puestas. Estos resultados evidenciaron la presencia de un fuerte geotactismo positivo en el comportamiento de las larvas para localizar los tubérculos. Los resultados del segundo experimento confirman que no existe influencia de señales químicas en la orientación de las larvas neonatas hacia los tubérculos de papa.

Palabras clave: localización de hospedero, capacidad de desplazamiento, señales químicas, geotactismo.

INTRODUCCIÓN

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) es una de las principales plagas del cultivo de la papa en Colombia (López-Ávila, 2000; Espinal *et al.*, 2005). El daño económico es causado por las larvas, cuya única fuente de alimentación conocida lo constituyen los tubérculos de papa (López-Ávila y Barreto, 2004).

Una de las mayores dificultades para el control de *T. solanivora* es el corto tiempo de exposición de las larvas al ambiente. En el campo, los huevos son depositados sobre la superficie del suelo cerca a la base del tallo de las plantas de papa. Cuando las larvas eclosionan, éstas se introducen inmediatamente en el suelo y se dirigen hacia los tubérculos de la planta. Una vez las larvas encuentran el tubérculo, penetran en él formando galerías por las que van dejando sus exuvias y excrementos que propician, junto con patógenos secundarios, la pudrición del tubérculo (López-Ávila y Barreto, 2004). Dentro de los tubérculos las larvas se alimentan y se desarrollan protegidas

¹ Autor para la correspondencia: Investigador asistente. Grupo de Manejo Fitosanitario. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Centro de Investigación Tibaitatá, Kilómetro 14 vía a Mosquera (Cundinamarca). ccamargo@corpoica.org.co.

² Investigador asistente. Laboratorio de Ecología y Comportamiento de Insectos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Centro de Investigación Tibaitatá, Kilómetro 14 vía a Mosquera (Cundinamarca). drincon@corpoica.org.co.

³ Investigador asociado, Ph.D. Grupo de Manejo Fitosanitario. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Centro de Investigación Tibaitatá, Kilómetro 14 vía a Mosquera (Cundinamarca). evalenciap@corpoica.org.co.

del ambiente y de agentes potenciales de control, como insecticidas, enemigos naturales o microorganismos entomopatógenos (Soriano, 2000). Esta condición provoca que las metodologías de manejo para *T. solanivora* sean enfocadas casi exclusivamente hacia los adultos, dejando de lado el estado más vulnerable para el control: la larva.

El estudio de los mecanismos de localización de hospedero utilizados por las larvas, constituye una base conceptual necesaria para desarrollar estrategias de manejo enfocadas en el control de larvas neonatas. Pese a la importancia del daño causado por las larvas en los diferentes sistemas de cultivos, los mecanismos por los que las larvas localizan la fuente de alimentación no se encuentran muy bien estudiados (Zalucki *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2007). Se presume que las larvas neonatas deben poseer diferentes mecanismos para la localización de hospedero, debido a que su desplazamiento hacia la fuente de alimentación suele ser crítico, sobre todo cuando los huevos son puestos lejos de la planta hospedera (Ampong *et al.*, 1994; Zalucki *et al.*, 2002). Estudios al respecto mencionan que las larvas neonatas utilizan señales químicas provenientes de la planta hospedera (kairomonas), para localizar la fuente de alimento. Sin embargo, se han reportado especies en donde existe una mayor influencia de otras modalidades sensoriales, como anemotactismo, fototactismo y geotactismo (Coll & Bottrell, 1991; Harris *et al.*, 1995; Harris *et al.*, 1999). Este último puede darse de forma positiva con movimientos dirigidos hacia el centro de la tierra, y negativa pero de forma contraria (Dethier, 1937).

Por su condición de insecto fitófago especialista y la ubicación de los huevos en campo, se presume que las larvas neonatas de *T. solanivora* utilizan señales químicas específicas de los tubérculos de papa para dirigir sus movimientos hacia la fuente de alimentación. Sin embargo, actualmente se desconocen los mecanismos por los que las larvas neonatas de *T. solanivora* localizan a los tubérculos de papa.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia del geotactismo y las señales químicas emitidas por los tubérculos en el comportamiento de localización de las larvas neonatas de *T. solanivora*.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología y Comportamiento de Insectos de la plataforma de Entomología aplicada del Centro de Investigación "Tibaitatá" de Corpoica, localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca, Colombia).

Cría de los insectos. Se estableció una cría de *T. solanivora* en la Unidad de Cría y Producción de Insectos del Cen-

tro de Investigación "Tibaitatá" de Corpoica, siguiendo la metodología descrita por Vargas *et al.* (2004). La cría se estableció a partir de tubérculos infestados con la plaga, recolectados en las zonas rurales de los municipios de Motavita y Ventaquemada (Boyacá, Colombia).

Influencia del geotactismo en el comportamiento de las larvas. Para establecer la influencia del geotactismo sobre el comportamiento de las larvas neonatas, se realizó un experimento en condiciones de casa de malla con una temperatura promedio de 19° C. El experimento se llevó a cabo en 12 terrarios de 75 cm de alto, 50 cm de ancho y 75 cm de fondo, en donde se enterraron siete (7) tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* (Juzepczuk y Bukasov) cvar. yema de huevo clon 1 (Solanaceae) a 15 cm de profundidad, que es la distancia en la que generalmente se encuentran enterrados la mayoría de los tubérculos en campo (Corzo, *et al.*, 2003). Se implementó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y 12 repeticiones repartidas de a cuatro repeticiones en el tiempo. Cada tratamiento consistió en la ubicación de puntos de liberación de 50 larvas neonatas a diferentes ángulos y distancias de los tubérculos de papa enterrados en los terrarios. En el primer tratamiento se ubicó el punto de liberación sobre la superficie del suelo, justo en el sitio donde fueron enterrados los tubérculos (a 0° con respecto al eje conformado por los tubérculos enterrados, Figura 1a), es decir, a 15 cm de la fuente de alimentación. En el segundo tratamiento el punto de liberación se encontró a 26 cm de la fuente de alimentación (aproximadamente a 55° con respecto al eje conformado por los tubérculos enterrados, Figura 1b). El tercer tratamiento se encontró a 44 cm de la fuente de alimentación (aproximadamente a 70° con respecto al eje conformado por los tubérculos enterrados, Figura 1c). Y el cuarto tratamiento estuvo a 75 cm de la fuente de alimentación (aproximadamente a 78° con respecto al eje conformado por los tubérculos enterrados, Figura 1d). Cada tratamiento fue ubicado en terrario diferente.

La toma de los datos se realizó 15 días después de la liberación. Se registró el número de larvas al interior de los tubérculos y se calculó la tasa de supervivencia. Para el análisis de los datos se realizó un Anava para un diseño de bloques completos al azar y una prueba de comparación de medias de Tukey. Se bloqueó por el tiempo de realización de las repeticiones. La normalidad de los datos se calculó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software, versión 9.0, 2002).

Influencia de señales químicas de tubérculos de papa sobre el comportamiento de las larvas. Con el fin de evaluar

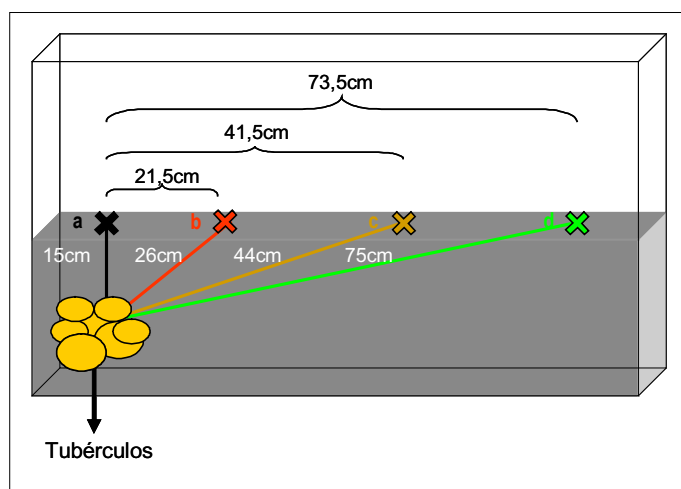


Figura 1. Ilustración de los tratamientos del primer experimento que se realizó en el marco del objetivo 4. Los puntos de liberación de las larvas se encuentran marcados con "X". Las larvas correspondientes al tratamiento 1 (a) se ubicaron a 0° con respecto al sitio en donde se encuentran los tubérculos enterrados, las del tratamiento 2 (b) a 55°, las del tratamiento 3 (c) a 70°, y las del tratamiento 4 (d) a 76°.

el efecto de sustancias volátiles de tubérculos de papa sobre el comportamiento de las larvas neonatas de *T. solanivora*, se llevó a cabo un experimento de laboratorio bajo una temperatura promedio de 21 ± 3 °C. Se realizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones. En el experimento se evaluó la capacidad de las larvas para ubicar tubérculos de papa con y sin la liberación de sustancias volátiles. Cada unidad experimental consistió en grupos de cuatro tubérculos de papa *S. phureja*, de tamaño mediano con un peso de 92 ± 4 gr, cada uno dentro de un recipiente plástico 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 de espesor y sobre la superficie se ubicaron 100 huevos de *T. solanivora*. En el segundo tratamiento los tubérculos se cubrieron con una capa de carbón activado granulada de 4 cm de espesor, luego con otra de 6 cm de suelo y sobre la superficie se ubicaron 100 huevos de *T. solanivora*. El uso del carbón activado garantiza que las sustancias volátiles emitidas por los tubérculos sean retenidas. Este material es ampliamente conocido por la propiedad de absorber y retener compuestos líquidos y gaseosos de bajo y alto peso molecular (Dresselhaus, 1997). Los vasos fueron cubiertos con tapas de muselina para evitar la interferencia de agentes externos.

Diez días después de realizado el montaje, se contabilizó el número de larvas al interior de los tubérculos en cada unidad experimental. La normalidad de las variables se calculó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó Anava para un diseño completamente al azar y una prueba de comparación de medias de Tukey. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico SAS (Statistical

Analysis Software, versión 9.0, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del geotactismo en el comportamiento de las larvas. La tasa de supervivencia de las larvas mostró diferencias significativas en las cuatro distancias evaluadas ($F=15,62$; $gl=3$; $P<0,0001$). A su vez, los bloques en el tiempo mostraron diferencias significativas (Bloques, $F=9,716$; $gl=3$; $P=0,0001$). Las larvas que se encontraron a 15 cm de distancia con respecto a la fuente de alimentación, justo encima de los tubérculos, presentaron una sobrevivencia significativamente mayor que en las demás distancias evaluadas (Tabla 1). Los resultados evidencian la importancia del geotactismo positivo en el comportamiento de localización de los tubérculos por las larvas neonatas de *T. solanivora*. Este comportamiento fue observado reiteradamente durante la realización del experimento y puede hacer parte de la secuencia de conductas que componen el comportamiento de búsqueda de hospederos de las larvas de *T. solanivora*. A diferencia de los insectos fitófagos que viven en las partes aéreas de la planta, los insectos en el suelo no pueden utilizar señales visuales y necesitan de mecanismos sensoriales físicos y químicos para localizar el alimento. El geotactismo positivo hace parte de uno de los mecanismos sensoriales más importantes que utilizan las larvas que se alimentan en el suelo, para orientarse hacia la fuente de alimentación (Dethier, 1937). Marriot y Evans (2002) encontraron que las larvas de *Delia coarctata* (Fallen) (Diptera: Anthomyiidae) presentan geotactismo positivo dentro de una cadena de comportamientos para localizar la fuente de alimentación y evitar la desecación y depredación en el ambiente exterior. Desafortunadamente, los estudios en insectos del suelo relacionados con mecanismos sensoriales físicos implicados en la localización del hospedero aún son muy escasos (Johnson y Gregory, 2005).

La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos 2, 3 y 4 evidencia que al incrementar la distancia horizontal de las larvas con la fuente de alimentación, el geotactismo deja de constituir un mecanismo eficaz para la localización de los tubérculos. Por este motivo, se espera que exista una fuerte presión de selección para que las

Tabla 1. Tasas promedio de supervivencia de las larvas de *T. solanivora* obtenidas en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	N	Tasa promedio de supervivencia \pm DE*
1. 15 cm con respecto a la fuente	12	0,21 \pm 0,15 ^a
2. 26 cm con respecto a la fuente	12	0,06 \pm 0,05b
3. 44 cm con respecto a la fuente	12	0,4 \pm 0,7b
4. 75 cm con respecto a la fuente	12	0,6 \pm 0,4b

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas. $\alpha = 0,05$.

hembras de la polilla guatemalteca ovipositen en la base del tallo de la planta de papa, es decir, directamente encima de la zona productiva de los tubérculos en formación. De esta manera es posible afirmar que el geotactismo es un mecanismo de orientación de suma importancia para el encuentro de las larvas con los tubérculos. La disminución en la sobrevivencia generada por la distancia, pudo deberse a que las larvas, a mayores distancias, tienen un mayor tiempo de exposición al ambiente, antes de localizar los tubérculos. De acuerdo con Hughes *et al.*, (2003), la sobrevivencia de las larvas disminuye rápidamente con el tiempo de exposición a las condiciones ambientales normales. De esta forma, las larvas se mueven más lentamente con respecto a su edad y decrece su capacidad de localizar el alimento. A mayores distancias, diversos factores como patógenos, depredadores e inanición, afectan la capacidad de localizar los tubérculos. Ampong *et al.*, (1994) demostraron que la mortalidad de las larvas neonatas de *Chilo partellus* (Swinhoe, 1885) (Lepidoptera: Pyralidae) se incrementa a medida que aumenta la distancia a la que los huevos son depositados con respecto a la planta hospedera.

El geotactismo positivo exhibido por las larvas neonatas de *T. solanivora* se encuentra estrechamente relacionado por el comportamiento de oviposición de las hembras adultas. Barreto *et al.* (2003) encontraron que al menos el 70% de los huevos son depositados sobre el suelo en cercanías de la base de la planta. En diferentes especies de insectos los huevos son dejados en sitios cercanos o directamente sobre la fuente de alimentación de las larvas (Hughes *et al.*, 2003; Nahurung y Allen, 2003). Diversos autores enfatizan en la importancia de la relación entre la escogencia de los sitios de oviposición y la sobrevivencia de la progenie (Browne, 1993; Ampong *et al.*, 1994; Hughes *et al.*, 2003; Nahurung y Allen, 2003; Muller y Arand, 2007; Sarmento *et al.* 2007), Muller y Arand (2007) y Sarmento *et al.* (2007) sugieren que la baja capacidad de las larvas para localizar la fuente de alimentación y la alta mortalidad que sufren durante este proceso, ejerce una fuerte presión de selección sobre el comportamiento de las hembras, en el momento de seleccionar la planta hospedera.

Influencia de señales químicas en la orientación de larvas neonatas. Los huevos utilizados en el experimento presentaron un porcentaje de eclosión del 97%. El número de larvas no presentó diferencias significativas entre el tratamiento con volátiles de los tubérculos y el tratamiento en el cual la liberación de los volátiles era suprimida ($t=0,33$; $n=5$; $gI=1$, $P=0,33$) (Tabla 2).

Estos resultados indican que probablemente no existe una influencia de kairomonas en la orientación de las larvas neonatas hacia la fuente de alimentación. Johnson y Gregory (2005) reportan que algunas especies de insectos

Tabla 2. Promedios de número de larvas de *T. solanivora* obtenidos en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	N	Promedio de número de larvas ± DE*
Tubérculos con emisión de volátiles	5	31±15.73a
Tubérculos con emisión de volátiles suprimida	5	25.8± 14.72a

*Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas. $\alpha = 0,05$.

en el suelo localizan la planta hospedera en ausencia de kairomonas. Estos autores sugieren la existencia de otras señales o mecanismos, además de las químicas, presentes en el comportamiento de localización del hospedero, tales como el uso de las raíces como guías y los movimientos azarosos en relación con la estructura del suelo. Heisswolf *et al.* (2007) mencionan que los insectos, además de señales químicas, utilizan combinaciones de mecanismos sensoriales para localizar la planta hospedera. Los insectos del suelo que no utilizan señales químicas, posiblemente se orientan excavando alrededor de las raíces, localizando la fuente de alimentación de forma aleatoria, en respuesta a la heterogeneidad del suelo (Johnson y Gregory, 2005).

En los insectos, las señales químicas de contacto desempeñan un papel importante en el proceso de localización e identificación de la planta hospedera (Dethier, 1937; Chapman, 2003; Johnson & Gregory, 2005; Heisswolf *et al.*, 2007). Cuartas (2006) observó que algunas larvas neonatas, después de la emergencia, se desplazan mordiendo las diferentes partículas que encuentran a su paso. Esto indica que probablemente las larvas utilizan señales físicas y químicas de contacto como el mecanismo de identificación de la fuente de alimentación. Las larvas de lepidópteros y, en especial, las especies especialistas, presentan un desarrollado sistema sensitivo que les permite reconocer la fuente de alimentación a través del contacto (Dethier, 1937; Roessingh *et al.*, 2007). Los insectos del suelo pueden morder de forma exploratoria las raíces, diferenciando sus diferentes partes, con el fin de localizar el lugar más adecuado para su alimentación (Johnson y Gregory, 2005).

CONCLUSIÓN

El presente trabajo permite tener un acercamiento al estudio del comportamiento de localización de los tubérculos por las larvas neonatas de *T. solanivora*. De esta forma, las larvas neonatas de *T. solanivora* inicialmente son guiadas hacia los tubérculos por un fuerte estímulo gravitacional que probablemente puede ser complementado, ya sea por movimientos azarosos, o guiadas a través de las raíces de

la planta de papa. Los volátiles emitidos por los tubérculos no constituyen un estímulo importante en el comportamiento de localización de tubérculos por parte de las larvas de *T. solanivora*.

RECOMENDACIONES

Se recomienda identificar si existen señales químicas de contacto implicadas en el proceso de identificación de la planta de papa. A su vez, se sugiere realizar estudios ana-

tómicos y bioquímicos involucrando los quimiorreceptores de las larvas, con el fin de determinar sus funciones olfativas o gustativas.

AGRADECIMIENTOS

A Aristóbulo López-Ávila, Ricardo Pérez, Inés Toro y al grupo de investigación en Entomología del C.I. "Tibaitatá" de Corpoica. Al Banco de la República de Colombia por la financiación del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ampong, N.; Reddy, K.; Saxena, K. (1994). *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lep., Pyralidae) Oviposition on Non-hosts: A Mechanism for Reduced Pest Incidence in Intercropping. *Acta Oecológica*. 15: http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/600781/description#description. 75 - 469.
- Barreto, N.; Espitia, E.; Galindo, R.; Gordo, E.; Cely, L.; Martínez, L.; Lozano, F.; López-Ávila, A. (2003). *Estudios de fluctuación de poblaciones la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá. En: *Memorias Tecia solanivora*, II Taller Nacional, "Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre polilla guatemalteca". Cevipapa, CNP, Andi, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá (Colombia).
- Browne, B. (1993). *Physiologically Induced Changes in Resource Oriented Behavior*. *Annual Review of Entomology* 38: 1-25.
- Chapman, R. (2003). *Contact Chemoreception in Feeding by Phytophagous Insects*. *Annual Review of Entomology* 48: 455-484.
- Coll, M.; Bottrell, D.G. (1991). *Microhabitat and Resource Selection of the European Cornborer (Lepidoptera: Pyralidae) and its Natural Enemies in Maryland (USA) Field Corn*. *Environmental Entomology* 20: 526-33
- Corzo, P.; Moreno, J.; Franco, B.; Fierro, L. (2003). *Manual de papa para productores*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica Regional Uno. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bucaramanga (Colombia), 101 pp.
- Cuarteras, P. (2006). *Estudio del desarrollo de la infección y del efecto de la formulación de aislamientos de granulovirus sobre Tecia solanivora (Polvolny) y Phthorimaea operculella (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Trabajo de grado para optar al título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Bogotá D.C. 133 pp.
- Dethier, V. (1937). *Gustation and Olfaction in Lepidopterous Larvae*. *Biological bulletin* 72(1): 7-23.
- Dresselhaus, M. (1997). *Future Directions in Carbon Science*. *Annual Review of Material Science* 27: 1-34
- Espinal C., Martínez H., Pinzón N., Barrios C. (2005). *La cadena de la papa en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica*. 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio de Agro cadenas, Bogotá D.C. Colombia.
- Harris, M.; Foster, S.; Bittar, T.; Ekanayake; Looij, K.; Howard, A. (1995). *Visual Behaviour of Neonate Larvae of the Light Brown Apple Moth*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 77: 323-34
- Harris, M.; Sandanayake, M.; Foster, S. (1999). *Chemical Stimuli From Apple Influence the Behavior of Neonate Caterpillars of the Generalist Herbivore, Epiphyas postvittana*. *Journal of Chemical Ecology* 25:1717-38.
- Heisswolf, A.; Gabler, D.; Obermaier, E.; Müller, C. (2007). *Olfactory Versus Contact Cues in Host Plant Recognition of a Monophagous Crysomelid Beetle*. *Journal of insect behavior* 20(2): 247-266.
- Hughes, W.; Gailey, D.; Knapp, J. (2003). *Host Location by Adult and Larval Codling Moth and the Potential for its Disruption by the 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* 31(1): 1-13.
- Johnson, S.; Zhang, X.; Crawford, J.; Gregory, P.; Young I. (2007). *Egg Hatching and Survival Time of Soil-dwelling Insect Larvae: A Partial Differential Equation Model and Experimental Validation*. *Ecological modelling*. 202: 493-502.
- López-Ávila, A. (2000). *Insectos plaga del cultivo de la papa en Colombia y su manejo*. Papas Colombianas 2000, con el mejor entorno ambiental. 25 años Fedepapa. Ventana al Campo Andino 3 (1-2): 152-159.
- López-Ávila, 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*. Informe Técnico. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Corpoica-Pronatta. Bogotá, D.C. 159 pp.
- Marriot, C.; Evans, K. (2002). *Host Plant Choice and Location by Larvae of the Wheat Bulb Fly (Delia coarctata)*. *Entomologia Experimentalis et applicata* 106(1): 1-6.
- Muller, C.; Arand, K. (2007). *Trade-offs in Oviposition Choice? Food-dependent Performance and Defence Against Predators of a Herbivorous Sawfly*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124: 153-159.
- Nahurung, H.; Allen, G. (2003). *Intra-plant Host Selection, Oviposition Preference and Larval Survival of Chrysophtharta agricola (Chapuis) (Coleoptera: Chrysomelidae: paropsini) Between Foliage Types of a Heterophyllous Host*. *Agricultural and Forest Entomology* 5: 155-162.
- Roessingh, P.; Xu, S.; Menken, S. (2007). *Olfactory Receptors on the Maxillary Palps of Small Ermine Moth Larvae: Evolutionary History of Benzaldehyde Sensitivity*. *Journal of Comparative Physiology*. 193: 635-647.
- Sarmiento, R.; Venzon, M.; Pallini, A.; Oliveira, E.; Janssen, A. (2007). *Use of Odours by Cycloneda sanguinea to Assess Patch Quality*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124: 313-318.
- Soriano, J. (2000). *Algunos aspectos relacionados con el comportamiento de Tecia solanivora (Polilla Guatemalteca) en condiciones de cultivo*. Papas Colombianas 2000, con el mejor entorno ambiental. 25 años Fedepapa. Ventana al Campo Andino 3 (1-2): 168-173
- Vargas, B.; Rubio, S.; López-Ávila, A. (2004). *Estudios de hábitos y comportamiento de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa almacenada*. *Revista Colombiana de Entomología* 30 (2): 211- 217.
- Zalucki, M.; Clarke, A.; Malcolm, B. (2002). *Ecology and Behavior of First Instar Larval Lepidoptera*. *Annual Review of Entomology* 47: 361-93.