

Evaluación de la técnica de la interrupción de la cópula de *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae)

Evaluation of the mating disruption technique on *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae)

FELIPE BOSA¹, PETER WITZGALL², ALBA M. COTES¹, TAKEHIKO FUKUMOTO³,
NANCY BARRETO¹

Resumen. Una de las aplicaciones más promisorias de las feromonas es su utilización para controlar insectos mediante la interrupción de la cópula, que consiste en crear múltiples fuentes emisoras de una feromona en altas concentraciones para producir confusión sexual en machos, enmascaramiento de la feromona liberada por hembras e interrupción del apareamiento. Con el propósito de evaluar esta técnica para el control de *Tecia solanivora*, dispensadores formulados con una mezcla de la feromona fueron colocados en campo y en almacenamientos de papa. Al hacer seguimiento de las poblaciones del insecto, se registraron 39 machos capturados en campo para el área tratada con dispensadores, con respecto a 1593 machos en el área control. En almacenamiento 39% de incidencia de daño en tubérculos y una severidad del 100% fueron observadas en los cuartos no tratados, en comparación con un 9% de incidencia y menores severidades en los cuartos tratados con dispensadores.

Palabras clave: Feromonas. Capturas. Confusión de machos. Papa.

Summary. One of the promising applications of pheromones is their use to control insects through mating disruption, in which multiple pheromone sources are created at high concentrations to produce male confusion, masking female pheromone detection and disrupting mating. In order to evaluate this technique for *Tecia solanivora* control, dispensers formulated with a pheromone blend were deployed in the field and in potato storage conditions. When adult male populations were monitored under field conditions, 39 males were caught in the area treated with pheromone dispensers, compared to 1593 males in the untreated area. Under storage conditions 39% of damage incidence and 100% of severity in tubers were observed in untreated storage rooms, compared to 9% of incidence and lower severity in rooms treated with pheromone dispensers.

Key words: Pheromones. Sampling. Male confusion. Potato.

Introducción

Uno de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de la papa en algunos países de Centro y Sur América es la polilla guatemalteca de la papa *T. solanivora* Povolny (Corredor y Flórez 2003a). En Colombia este insecto está presente en más del 80% de las zonas productoras de papa de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, provocando pérdidas significativas en la cadena de producción de papa con una disminución en los rendimientos anuales superiores al 30%. Por sus hábitos monófagos las larvas se alimentan exclusivamente de los tubérculos, afectando tanto los destinados para semilla en condiciones de almacenamiento, como aquellos presentes en campo (Arévalo 2003). Se reporta su distribución desde los 2000 msnm hasta áreas de páramo que superan los 3000 metros de altitud (Herrera 1997).

Varios estudios se han realizado sobre la biología de este insecto, es así como Suárez *et al.* (2003) determinaron que desde la formación de tubérculos en campo, éstos pueden ser susceptibles al ataque por larvas de la polilla, incrementándose el daño durante el llenado de tubérculos. Estudios realizados por Torres (1989), demostraron en campo que los adultos pueden congregarse en los bordes de los cultivos, escondidos en el follaje de las malezas y arbustos, y al atardecer copulan y ovipositan sobre los tubérculos expuestos en el terreno. Así mismo, se han llevado a cabo varios estudios sobre detección y vigilancia de poblaciones de machos en campo utilizando la feromona comercial en trampas (Galindo y Español 2001; Corredor y Flórez 2003a, 2003b; Martínez y Barreto 2003, Barreto *et al.* 2003).

En relación con el control de esta plaga, se han realizado esfuerzos en diferentes

áreas, es así como Corpoica desarrolló un bioplaguicida a base de un virus de la granulosis aislado de *Phthorimaea operculella* para su utilización en condiciones de almacenamiento; este producto que presenta una eficacia superior al 90%, cuenta con registro de producción y se elabora semicomercialmente. Para el manejo de *T. solanivora* en condiciones de campo, no se han desarrollado productos biológicos y como alternativa química sólo se cuenta con algunos insecticidas aprobados por el ICA como: Clorpirifos, Profenofos y Acefato (organofosforados), y Permetrina (Arévalo y Castro 2003). Sin embargo, por sus características químicas y debido al uso prolongado y frecuente, estos insecticidas podrían representar problemas de resistencia genética en las poblaciones del insecto, teniendo en cuenta que los productores de papa realizan hasta doce aplicaciones de insecticidas por ciclo de

1 Autores para correspondencia: Investigadores del Programa de Manejo Integrado de Plagas Corpoica. Km 14 vía Mosquera. A.A. 240142 Las Palmas, Parque Central Bavaria. Bogotá. felipebosa@vv.slu.se, acotes@corpoica.org.co, nbarreto@corpoica.org.co

2 Profesor e investigador del grupo de ecología química de la Universidad Agrícola de Suecia SLU. Box 44, SE-230-53, Sweden. peter.witzgall@vv.slu.se

3 Shin-Etsu Chemical Co., Nakakubiki-gun, Niigata 942-8601, Japan. takehiko.fukumoto@vv.slu.se

cultivo para el control de polilla guatemalteca (Sánchez 1999).

En vista de la actual problemática que afecta la producción de papa y la dificultad para el control de este insecto en campo, es fundamental explorar y evaluar alternativas complementarias, ambientalmente compatibles con el entorno y diferentes de la opción química. En este caso, el control etológico de la plaga mediante el uso de feromonas podría representar una estrategia promisorio para ser incorporada al sistema de producción de papa. En general, las feromonas sexuales de insectos son sustancias activas, altamente específicas si se considera que producen una respuesta en el comportamiento de individuos de una misma especie, su utilización no presenta efectos adversos contra insectos benéficos y no han sido relacionadas con la aparición de resistencia en insectos (Haynes y Baker 1988).

Una feromona está constituida por compuestos primarios presentes en mayor proporción y por compuestos secundarios como análogos, isómeros funcionales, geométricos y/o posicionales (cis y trans) (Dekramer y Hemberger 1987; Arnini y Lizárraga 2000; Raina y Menn 1987). En este sentido, el comportamiento sexual de los individuos de una especie se debe al efecto combinado y sinérgico de varios compuestos de la feromona presentes en proporciones exactas y constantes, los cuales son liberados al aire por las hembras emisoras de la misma (Primo 1991).

Las feromonas sexuales presentan varias aplicaciones en programas de manejo integrado de plagas (MIP), se ha reportado su utilización en la detección de poblaciones de insectos mediante el uso de trampas, su combinación con esterilizantes o insecticidas y su empleo para producir la confusión sexual en machos y la disminución de la cópula (Pedigo 1996). Esta última aplicación es conocida como la técnica de interrupción de la cópula, la cual consiste en introducir en el ambiente múltiples fuentes emisoras de una feromona en altas concentraciones, que puede ser liberada mediante el empleo de dispensadores colocados en campo o a través de la aplicación de una feromona por aspersión, esto con el propósito de saturar el ambiente y mantener constante una alta concentración de feromona en el campo. De esta manera, se genera confusión sexual en los machos blanco, enmascarándose la feromona real liberada por las hembras en el área tratada, con la consecuente

interrupción de la cópula y la disminución gradual de las poblaciones posteriores (Ogawa 1997).

Esta técnica ha sido evaluada exitosamente en campo, cabe destacar los estudios realizados sobre la polilla del manzano *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) por Bäckman (1999) y Witzgall *et al.* (1999); en el barrenador de la hoja del manzano *Bonagota cranaodes* Meyrick 1986 (Lepidoptera: Tortricidae) por Coracini *et al.* (2002) y en la polilla de guisantes *Cydia nigricana* Fabricius 1794 por Witzgall *et al.* (1996a) (Lepidoptera: Tortricidae), entre otros. Considerando que en estudios previos tendientes a la caracterización de la feromona sexual de *T. solanivora*, se encontraron mezclas altamente atractivas para este insecto (Bosa *et al.* 2005), el objetivo del presente estudio fue evaluar y determinar la eficacia de la técnica de la interrupción de la cópula en adultos de *T. solanivora* mediante pruebas experimentales de campo y almacenamiento.

Materiales y Métodos

Evaluación en condiciones de campo

En razón a estudios previos sobre caracterización de la feromona de *T. solanivora* realizados por Bosa *et al.* (2005), para las pruebas de interrupción de la cópula se utilizó una mezcla de la feromona que contenía los compuestos activos (E)-3-dodecenil acetato, (Z)-3-dodecenil acetato y dodecil acetato en la proporción de 100:56:100 formulada y dispensada por la empresa japonesa Shin-Etsu en tubos de polietileno de 20 centímetros de largo (70 miligramos por dispensador). Estos dispensadores que liberan constantemente la feromona con un 99% de pureza, fueron evaluados en condiciones de campo y de almacenamiento de papa en Colombia.

Las pruebas de campo se llevaron a cabo durante el primer semestre de 2004 en el municipio de Mosquera (Centro de Investigación Corpoica-Tibaitatá) 4°41'40" norte y 74°12'08" este, con una altitud de 2543 msnm. Para el montaje de los experimentos, se utilizó un área de 2,5 hectáreas cultivada con papa (*Solanum tuberosum* Gaspard Bauhin 1591) variedad pastusa en estado de floración. En esta área cada 5 metros a modo de cuadrícula se colocó un dispensador formulado con la feromona de *T. solanivora*. Para cada dispensador, se utilizó como soporte un palo de madera de 80 cm de largo x 2,5 cm de diámetro, de esta manera los dispen-

sadores fueron ubicados a la altura de las plantas de papa y a lo largo de los surcos, para un total de 1000 dispensadores cebados con la feromona. Por otra parte, un área sembrada con papa de igual extensión ubicada a un kilómetro de distancia de la anterior, fue utilizada como control, por lo tanto no se trató con dispensadores de feromona.

En ambas áreas experimentales cultivadas con papa en el mismo estado de floración, se colocaron trampas pegantes tipo delta para la detección de machos de la plaga. Estas trampas contenían el principal compuesto de la feromona (E)-3-dodecenil acetato (E3-12Ac). Para ello, seis trampas que contenían una concentración de 20 mg de feromona por caucho y seis trampas que contenían 100 mg por caucho, fueron colocadas en bloques al azar tanto hacia el centro como en el perímetro de cada área experimental. La distancia entre bloques de trampas por concentración fue de 50 metros. Dos veces por semana se registraron el número de machos capturados por trampa, así como las condiciones ambientales de la zona. Las lecturas se iniciaron tres meses antes de la cosecha, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

Evaluación en condiciones de almacenamiento

Con el propósito de evaluar la eficacia de la interrupción de la cópula en condiciones de almacenamiento de semilla de papa, se llevaron a cabo ensayos biológicos en el municipio de Siachoque (Boyacá), vereda Tocavita (ubicación geográfica 5°28'57,6" latitud norte y 73°15'59,6" longitud este, altitud 2596 msnm). En este lugar se almacenó semilla de papa variedad diacol-capiro en seis cuartos, cada uno de 4 x 5 m aproximadamente. En cada cuarto 124 kilogramos de papa fueron almacenados a granel en un solo foco. Cuatro de estos cuartos fueron tratados con dispensadores de la feromona, a razón de cinco dispensadores por cuarto, colocados en soportes de madera de 2 cm de diámetro, a 30 cm sobre el nivel del suelo y a una distancia de 2,5 m cada uno; estos dispensadores fueron colocados una semana antes de la liberación de los adultos por cuarto, con el propósito de permitir la saturación completa del aire de los cuartos con la feromona sexual.

Los dos cuartos restantes fueron utilizados como tratamientos control sin colo-

car dispensadores. Una semana después, 30 hembras y 30 machos vírgenes de *T. solanivora* de uno a dos días de edad, mantenidos separadamente en frascos de acuerdo con su sexo, fueron liberados en cada uno de los cuartos. A partir de este momento se realizaron cuatro liberaciones de adultos cada 15 días. Transcurridos 90 días de almacenamiento de los tubérculos semilla se realizó la evaluación de incidencia y severidad del daño provocado por *T. solanivora*. Para esta evaluación se recolectó una muestra al azar de 36 kg de tubérculos por cada cuarto, tomándose 12 kg de la parte superior, 12 kg de la parte media y 12 kg de la parte inferior de los tubérculos apilados por cuarto. La severidad por cada tubérculo fue estimada de acuerdo con la escala expresada en la Tabla 1. Los resultados de incidencia en tubérculos, fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza.

Tabla 1. Niveles de severidad observada por tubérculo almacenado.

Niveles	Cuadrantes por tubérculo	Porcentaje del daño
1	1/4	25%
2	2/4	50%
3	3/4	75%
4	4/4	100%

Resultados y discusión

Evaluación de la interrupción de la cópula en campo

En el área de papa no tratada con dispensadores se registraron las mayores capturas de machos de *T. solanivora* con 542 y 1017 machos capturados durante los meses de enero y febrero respectivamente. En contraste en el área tratada las capturas fueron significativamente menores con 2 y 39 machos para éstos meses respectivamente (Fig. 1).

Las bajas capturas obtenidas en las trampas del área tratada, podrían explicarse por el efecto de la interrupción de la comunicación sexual en machos ocasionado por la utilización de los dispensadores emisores de altas concentraciones de la feromona. Resultados similares de interrupción de la cópula fueron reportados por Schroeder *et al.* (2000), quienes encontraron diferencias significativas en las capturas de machos de *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Pyralidae), siendo éstas menores en las áreas tratadas y mayores en áreas no tratadas con dispensadores.

Durante el mes de febrero se incrementaron las capturas de machos tanto en el área tratada como aquella no tratada con dispensadores (Fig. 1). Esto podría explicarse por posiblemente se debió a que durante este mes se registraron las mayores temperaturas entre 20 y 24°C,

así como las menores precipitaciones de 0 a 2 mm, lo cual posiblemente favoreció el incremento o la migración de las poblaciones de machos hacia estas áreas en ausencia de factores abióticos de control. Este incremento en las capturas de machos en trampas durante el mes de febrero, también pudo deberse al estado fenológico de la papa presente en ese momento, el cual coincidió con la época de maduración y cosecha de los tubérculos producidos en el campo, produciéndose una mayor liberación de volátiles de papa en el aire originando posiblemente una mayor migración de la plaga hacia estas áreas.

Por otra parte, al realizarse el análisis de capturas según la distribución de las trampas en las áreas, las mayores capturas se obtuvieron con las trampas ubicadas en los bordes con 26 y 957 machos para las áreas tratada y no tratada respectivamente, siendo estos resultados significativamente diferentes entre sí (Fig. 2). A su vez, las menores capturas se registraron en las trampas ubicadas en el centro con 13 y 636 machos para el área tratada y no tratada respectivamente, siendo éstas significativamente diferentes entre sí (Fig. 2). Estos resultados posiblemente indican, que las poblaciones de machos ingresaron por los bordes provenientes de los residuos de cosechas de papa circundantes y posiblemente atraídos por los volátiles (kairomonas) emitidos por las plantas de papa de las áreas de experimentación. Se realizaron observaciones del comportamiento sexual de machos frente a los dispensadores presentes en el área de papa tratada, no evidenciándose ningún tipo de actividad sexual como vuelo o intento de cópula con estos dispensadores, debido posiblemente a la inhibición de la comunicación en machos y a un efecto de repelencia causado por las altas concentraciones de la feromona en los dispensadores. Sin embargo, el comportamiento sexual de machos puede variar de una especie a otra, autores como Witzgall *et al.* (1996b) reportaron respuestas de vuelo de machos de *C. pomonella* (L) atraídos por dispensadores colocados en campo, que contenían la feromona codlemone (E8, E10-12OH).

Al analizarse las capturas de machos por concentración de la feromona, las mayores capturas con 1184 machos fueron obtenidas utilizándose la concentración de 100 mg del compuesto E3-12Ac por caucho, a diferencia de 409 machos capturados con la concentración de 20 mg de la feromona/caucho para el área no

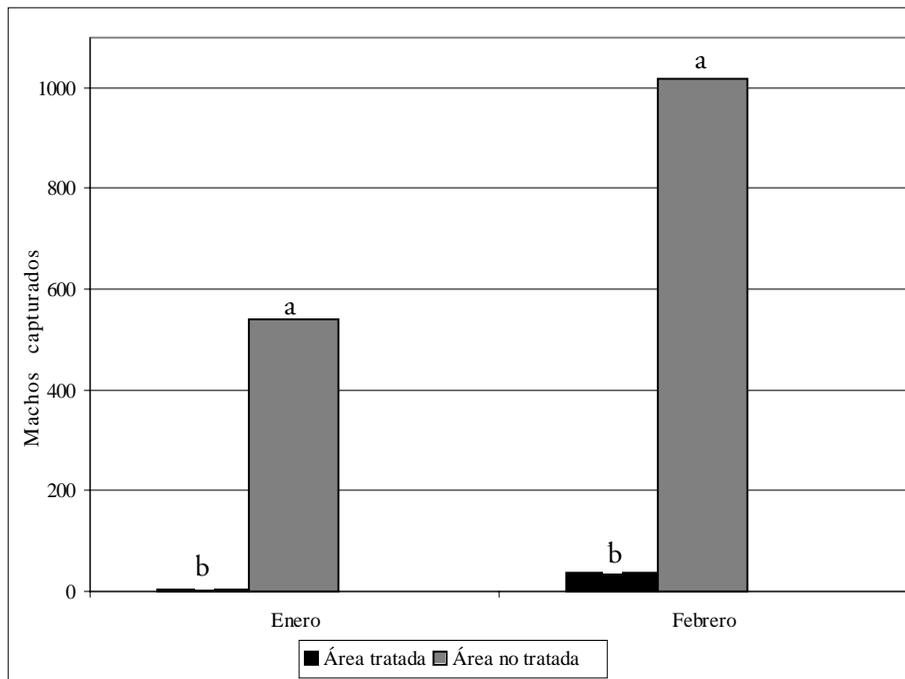


Figura 1. Machos de *T. solanivora* capturados en campo en trampas cebadas con la feromona sexual. Columnas con la misma letra no presentaron diferencias significativas entre sí, según prueba de tukey ($P < 0,05$).

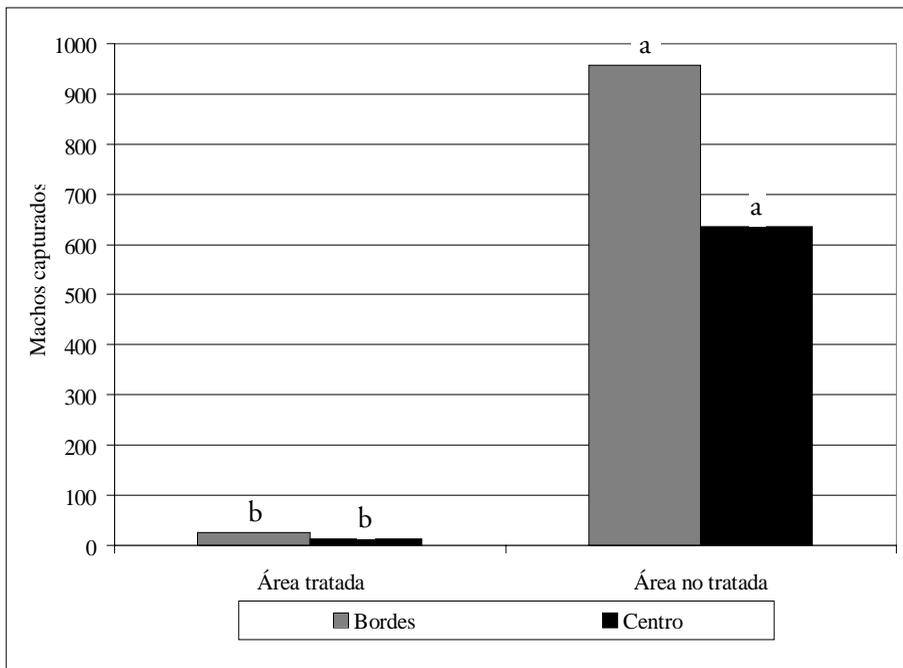


Figura 2. Machos de *T. solanivora* capturados en campo en trampas con la feromona sexual. Columnas con la misma letra no presentaron diferencias significativas entre sí según prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

tratada respectivamente (Tabla 2). Para el área tratada con los dispensadores, aún utilizándose la concentración de 100 mg de la feromona por trampa, no se observaron capturas de machos, indicando que la atmósfera de esta área estuvo saturada con las altas concentraciones de la feromona liberada por los dispensadores y corroborándose por la ausencia de capturas en las trampas de muestreo.

Se ha demostrado que la densidad ideal de dispensadores colocados por hectárea, depende principalmente de la concentración de la feromona presente en éstos, en tal caso estudios realizados por Bäckman en (1997), utilizando una concentración por dispensador de 250 miligramos de la feromona "codlemone" para el control de *C. pomonella* (L) en manzanos, recomendaron colocar 400 dispensadores/ha, sin embargo cuando se utilizaron 90 mg por dispensador la densidad recomendada fue de 1000 dispensadores/ha. En el presente trabajo, se utilizó una concentración

Tabla 2. Capturas de machos de *T. solanivora* en trampas cebadas con el compuesto de la feromona E3-12Ac en dos concentraciones. Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Trampas con la feromona E3-12Ac (µg/caucho/trampa)	Área tratada	Área no tratada
20	13 c	409 b
100	26 c	1184 a

por dispensador de 70 mg de la feromona de *T. solanivora* con una densidad de 400 dispensadores/Ha, la cual demostró ser suficiente para producir la confusión sexual en machos en el área tratada. Sin embargo, para futuros estudios se recomienda realizar la evaluación del daño en tubérculos cosechados, con el fin de determinar si esta densidad de dispensadores empleada, es suficiente para disminuir el daño en tubérculos. También se ha demostrado, que la utilización continua de feromonas para la interrupción de la cópula reduce el daño en los cultivos tratados, es el caso de los estudios realizados por Downhan *et al.* (2001) para el control de *Cylas puncticollis* Boheman y *C. brunneus* Fabricius (Coleoptera: Apionidae), donde se observaron menores porcentajes de infestación en la producción de remolacha en las áreas tratadas con dispensadores de las feromonas de estos insectos en comparación con un área control, aunque los rendimientos a cosecha fueron similares en ambas áreas.

En el presente estudio también se observaron capturas de machos de *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) la polilla común de la papa, en trampas cebadas con la feromona de *T. solanivora*, capturándose un total de 116 y 135 machos de *P. operculella* en las áreas tratada y no tratada respectivamente. Sin embargo, estos valores no fueron

significativamente diferentes entre sí, lo cual indica que la aplicación masiva y liberación de la feromona de *T. solanivora* en los dispensadores, no originó un efecto de interferencia o confusión en machos de *P. operculella*.

Evaluación de la interrupción de la cópula en condiciones de almacenamiento

En condiciones de almacenamiento se encontró un mayor porcentaje de daño ocasionado por *T. solanivora* en los recintos no tratados con dispensadores, con un 39% de daño en tubérculos en comparación con un 9% de daño para los tubérculos almacenados en los recintos tratados con dispensadores, aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre sí (Fig. 3). A pesar de haberse tratado los almacenes con dispensadores se obtuvieron porcentajes de daño por *T. solanivora*, esto podría indicar que se debe incrementar el número de dispensadores por almacen o por metro cuadrado, para interrumpir la cópula de adultos y en consecuencia el daño por este insecto.

Por otra parte, al estimarse la severidad (intensidad del daño) en los tubérculos afectados, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos con y sin dispensadores, sin embargo hubo un mayor número de tubérculos con severidad cuatro (tubérculos totalmente dañados) en los almacenes no tratados con dispensadores (Fig. 4).

Se han realizado estudios de interrupción de la cópula en condiciones de almacenamiento para el control de otros insectos plaga. Fadamiro y Baker (2002) evaluaron esta técnica en maíz infestado con *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) y *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae), encontrando una interrupción de la cópula del 70 y 40% respectivamente y reducciones significativas en la frecuencia de cópula en hembras de ambas especies. El proceso de cópula en insectos involucra señales olfativas las cuales ejercen su acción a largas distancias, aunque también puede involucrar la integración de otras señales visuales, táctiles, auditivas y de mecanorecepción en insectos, que pueden operar a cortas distancias de vuelo (Cardé y Minks 1995). En este caso, las señales procedentes de su entorno pueden incrementarse y ser utilizadas por los insectos, bajo condiciones de confinamiento y/o almacenamiento para garantizar la cópula.

En el presente estudio, con el uso de los dispensadores en condiciones de alma-

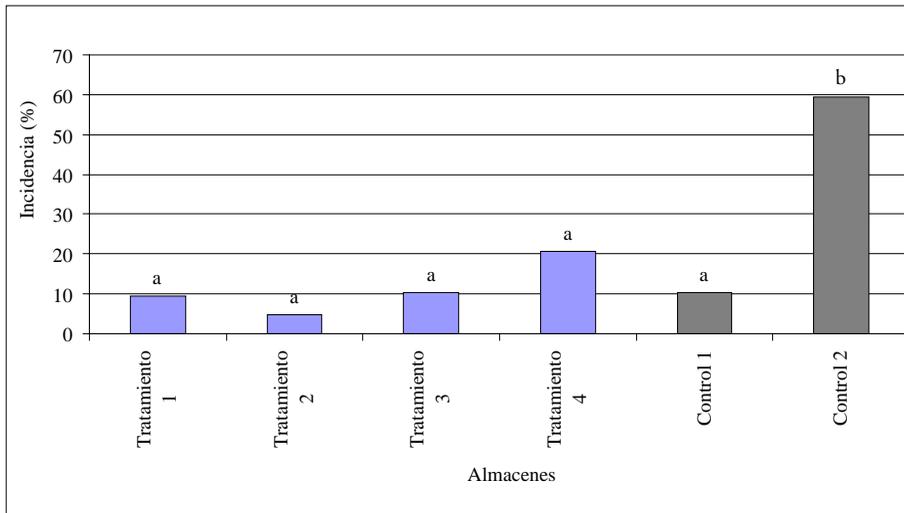


Figura 3. Incidencia en tubérculos en los almacenes control y en los almacenes tratados con dispensadores formulados con la feromona sexual de *T. solanivora*. Columnas con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí según prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

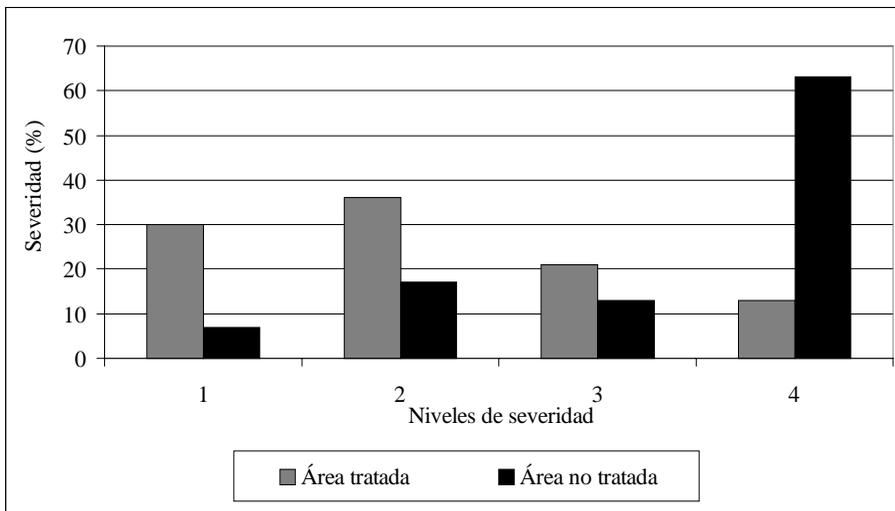


Figura 4. Severidad del daño en tubérculos almacenados en las áreas tratadas con dispensadores de la feromona y en áreas no tratadas.

cenamiento se evidenció una reducción en la incidencia del daño en tubérculos ocasionado por *T. solanivora*, aunque no fue evidente una reducción en la severidad. Esto posiblemente se debió, a la alta densidad de individuos liberados por almacén ya que algunos estudios conducidos en laboratorio o en ambientes simulados reportan la utilización de menores densidades de población de una plaga entre 1 a 5 polillas m^{-2} (Hagstrum y Davis 1982; Prevett *et al* 1989; Mafra-Neto y Baker 1996).

Estudios de Sower *et al.* (1975) indican que la eficacia de una feromona en procesos de interrupción de la cópula en insectos es denso-dependiente, esto

significa que a bajas densidades de población se consiguen mayores porcentajes de eficacia en la interrupción de la cópula, así mismo esta eficacia depende de la tasa de liberación de la feromona formulada en dispensadores.

Conclusiones

- Se determinó que la densidad de 400 dispensadores por hectárea formulados con la feromona de *T. solanivora*, redujo de manera altamente significativa las capturas de machos en trampas de vigilancia.
- Los dispensadores produjeron una disminución en la incidencia de tubérculos afectados por *T. solanivora* en los almacenes tratados.

Recomendaciones

- Evaluar la técnica de interrupción de la cópula mediante el uso de dispensadores en cultivos de papa de mayor extensión.
- Estimar la incidencia del daño en tubérculos en condiciones de campo para áreas tratadas con dispensadores.
- Realizar el seguimiento de machos liberados y la incidencia y frecuencia de cópulas medida como el número de espermátóforos por hembra, en sitios de almacenamiento de papa tratados y no tratados con dispensadores.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos por su apoyo financiero al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a la agencia "Swedish Foundation for International Research and Higher Education (STINT)". Igualmente agradecen a la empresa japonesa Shin-Etsu por la elaboración y formulación de los dispensadores de la feromona sexual de *T. solanivora* y a los auxiliares de técnico Rubén Molina y Jesús Gómez por su valioso apoyo logístico.

Literatura citada

- ARÉVALO, A. 2003. Análisis de la problemática de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia. Memorias del II taller nacional sobre *Tecia solanivora* "Presente y futuro de la investigación sobre *Tecia solanivora*". CEVIPAPA. p. 129-133. Bogotá.
- ARÉVALO, A.; CASTRO, R. 2003. Evaluación post-registro de los insecticidas con licencia de uso para controlar la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia. Memorias del II taller nacional sobre *Tecia solanivora* "Presente y futuro de la investigación sobre *Tecia solanivora*". p. 86-89. CEVIPAPA. Bogotá.
- ARNINI, I.; LIZÁRRAGA, A. 2000. Control Etológico: Uso de feromonas, trampas de colores y luz para el control de plagas en la agricultura sostenible. RAAA. 197 p.
- BÄCKMAN, A. 1997. Pheromone release by codling moth females and mating disruption dispensers. Technology transfer in mating disruption. IOBC wprs Bulletin. 20 (1): 175-180.
- BÄCKMAN, A. 1999. Olfactory communication in the codling moth, *Cydia pomonella* L. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Crop Science. Agraria 165. Alnarp, Sweden. p. 1-33.
- BARRETO, N.; ESPITIA, E.; GALINDO, R.; GORDO, E.; CELY, L.; MARTÍNEZ, L.;

- LOZANO, F.; LÓPEZ-ÁVILA, A. 2003. Estudios de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá. Memorias del II Taller nacional sobre *Tecia solanivora*. p. 119-122. CEVIPAPA. Bogotá.
- BOSA, F.; COTES, A.; FUKUMOTO, T.; BENGTTSSON, M. WITZGALL, P. 2005. Pheromone-mediated communication disruption in Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114: 137-142.
- CARDÉ, R.; MINKS, A. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annual Review of Entomology*. 40: 559-585.
- CORACINI, M.; BENGTTSSON, M.; RECK-ZIEGEL, A.; ALVARO, E.; VILELA, E.; ANDERSON, P.; FRANCKE, W.; LÖFQVIST, J.; WITZGALL, P. 2002. Behavioural effects of minor sex pheromone components in Brazilian apple leafroller *Bonagota cranaodes* (Lepidoptera: Tortricidae). p. 1-13. En: *Semiochemicals claim territory - Sex pheromones and plant volatiles for control of codling moth and Brazilian apple leafroller*. Coracini, M (ed.). 2002. Doctoral thesis in Chemical ecology, Department of crop science. Swedish University of Agricultural Sciences. Agraria 366. Alnarp, Sweden. 28 p.
- CORREDOR, D.; FLÓREZ, E. 2003 a. Estudios básicos de la biología y comportamiento de la polilla de la papa en un área piloto en el municipio de Villapinzón. Memorias del II Taller nacional sobre *Tecia solanivora*. CEVIPAPA. Bogotá. p. 23-31.
- CORREDOR, D.; FLÓREZ, E. 2003 b. Evaluación y estandarización de un sistema de monitoreo y vigilancia de la población de *Tecia solanivora* en campo. Memorias del II Taller nacional sobre *Tecia solanivora*. CEVIPAPA. Bogotá. p. 32-45.
- DEKRAMER, J.; HEMBERGER, J. 1987. Pheromone Biochemistry. p. 433-472. G.D. Preswich (Ed.). Academic Press Inc. New York. USA. 563 p.
- DOWNHAM, H.; SMIT, N.; LABOKE.; HALL, D.; ODONGO, B. 2001. Reduction of pre-harvest infestations of African sweet potato weevils *Cylas brunneus* and *C. puncticollis* (Coleoptera: Apionidae) using a pheromone mating-disruption technique. *Crop protection* 20: 163-166.
- FADAMIRO, H.; BAKER, T. 2002. Pheromone puffs suppress mating by *Plodia interpunctella* and *Sitotroga cerealella* in an infested corn store. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 102: 239-251.
- GALINDO, R.; ESPAÑOL, J. 2001. Trampas de caída tipo malla y trampas pegajosas para la evaluación de adultos del Gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en condiciones de campo. <http://www.redepapa.org/malla.pdf>. Programa Nacional de Biometría. Subdirección de Investigación en sistemas de producción.
- HAGSTRUM, D.; DAVIS, L. 1982. Mate seeking behavior and reduced mating by *Ephestia cautella* (Walker) in sex pheromone-permeated atmosphere. *Journal of Economic Entomology*. 88: 507-515.
- HAYNES, K.; BAKER, T. 1988. Potential for evolution of resistance to pheromones. *Journal of Chemical Ecology*. 14: 1547-1560.
- HERRERA, F. 1997. La polilla guatemalteca de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Corpoica. Regional uno, Bogotá. p. 14.
- MAFRA-NETO, A.; BAKER, T. 1996. Timed, metered sprays of pheromone disrupt mating of *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Agricultural Entomology*. 13: 149-168.
- MARTÍNEZ, L.; BARRETO, N. 2003. Evaluación de la vida útil de la feromona sexual de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de campo. Memorias del II Taller nacional sobre *Tecia solanivora*. p. 83. CEVIPAPA. Bogotá.
- OGAWA, K. 1997. The key to success in mating disruption. En: *Technology Transfer in Mating disruption*. IOCB wprs Bulletin 20 (1): 1-9.
- PEDIGO, L. 1996. Management by modifying insect development and behavior. p. 461-478. Chapter 13. En: *Entomology and Pest Management*. Academic Press. New York. USA. 987 p.
- PREVETT, P.; BENTON, F.; HALL, D.; HODGES, R.; DOS SANTOS, R. 1989. Suppression of mating in *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) using microencapsulated formulations of synthetic sex pheromone. *Journal of Stored Products Research*. 25: 147-154.
- PRIMO, E. 1991. Ecología química: Nuevos métodos de lucha contra insectos. p. 75-149. Editorial Mundi Prensa. Madrid. 354 p.
- RAINA, A.; MENN, J. 1987. Pheromone Biochemistry. G.D. Prestwich and G.J. Blomquist (eds.). Academic Press. Orlando, USA. p. 159-174.
- SÁNCHEZ, M. 1999. Efecto de la trampa de feromona sexual en el monitoreo de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny. Trabajo de grado de Biología. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá. 143 p.
- SCHROEDER, P.; SHELTON, A.; FERGUSON, C.; HOFFMANN, M.; PETZOLDT, C. 2000. Application of synthetic sex pheromone for management of diamond-back moth, *Plutella xylostella*, in cabbage. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 94: 243-248.
- SOWER, L.; TURNER, W.; FISH, J. 1975. Population-density-dependent mating frequency among *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Phycitidae) in the presence of synthetic sex pheromone with behavioral observations. *Journal of Chemical Ecology*. 1: 335-342.
- SUÁREZ, A.; PRADA, Y.; BARRETO, N. 2003. Evaluación de tres profundidades de siembra y tres formas de aporque sobre el ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum* var. pastusa. Resúmenes. XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. p. 87. Cali.
- TORRES, F. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de la polilla guatemalteca de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) en el estado del Tachira Venezuela. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 86.
- WITZGALL, P.; BÄCKMAN, A.; KARG, G.; BENGTTSSON, M.; STREINZ, L.; KIRSCH, P.; BLUM, Z.; LÖFQVIST, J. 1996 a. Behavioral observations and measurements of aerial pheromone in a mating disruption trial against pea moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology*. 22 (2): 191-206.
- WITZGALL, P.; BÄCKMAN, A.; SVENSSON, M.; BENGTTSSON, M.; UNELLIUS, C.; VIKOC, J.; LÖFQVIST, J. 1996 b. Potential of a blend of E8, E10-12OH and E8, E10-12Ac for mating disruption of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*. 120: 611-614.
- WITZGALL, P.; BÄCKMAN, A.; SVENSSON, M.; KOCH, U.; RAMA, F.; EL-SAYED, A.; BRAUCHLI, J.; ARN, H.; BENGTTSSON, M.; LÖFQVIST, J. 1999. Behavioral observations of codling moth, *Cydia pomonella*, in orchards permeated with synthetic pheromone. *Biocontrol* 44: 211-237.