

Artículo Científico

Evaluación en campo de atrayentes para la captura de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae)

Field evaluation of attractants for the capture of *Anthonomus eugenii* Cano
(Coleoptera: Curculionidae)

Carlos Fernando Bautista-Hernández^{1*}, Juan Cibrián-Tovar¹, Julio César Velázquez-González³ y
María del Pilar Rodríguez-Guzmán²

Colegio de Postgraduados, Fitosanidad: Entomología y Acarología¹; Fitopatología², Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. *Autor de correspondencia: carlos-fer-18@hotmail.com
³Koppert de México. Circuito el Márquez norte No. 82. Parque industrial el Márquez, C.P. 76246. Querétaro, Querétaro, México.

ZooBank: urn:lsid:zoobank.org:pub:9C453574-F7F0-4D66-B611-964EC131221B
<https://doi.org/10.35249/rche.46.2.20.12>

Resumen. Se evaluaron atrayentes sintéticos derivados de flores y frutos del chile, aceite esencial de botones florales de chile, solos o combinados con la feromona de agregación del picudo del chile. La evaluación se realizó con la liberación y recaptura en campo de adultos del picudo del chile. Durante el 2018 se liberaron insectos a 5, 10, 15, 30 y 60 m, mientras que en el 2019 se realizaron otras evaluaciones a 5, 10 y 15 m de distancia. La volatilidad de la mezcla sintética y feromona de agregación se determinó a partir del análisis por cromatografía de gases de los volátiles colectados por aireación dinámica. Las trampas con la mezcla sintética y el aceite esencial capturaron adultos hasta 10 m de distancia, mientras que las trampas con feromona atraparon insectos hasta 60 m. La combinación entre la feromona y la mezcla sintética o aceite esencial de botones florales atrajeron cantidades similares de adultos que las trampas con feromona individual ($P > 0,05$). La eliminación del ácido geránico de la feromona de agregación redujo el número de insectos ($P < 0,05$). La mezcla sintética capturó insectos en distancias cortas, resultados que podrían mejorar aumentando la concentración o adicionando otros compuestos.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, feromona de agregación, kairomona, Z-3-hexenil acetato, Z- β -ocimeno.

Abstract. Synthetic attractants derived from flowers and pepper fruits, pepper flower buds essential oil, alone or combined with the aggregation pheromone of the pepper weevil were evaluated. The evaluation was carried out with the release and recapture in the field of adults of the pepper weevil. During 2018 insects were released at 5, 10, 15, 30 and 60 m, while in 2019 other evaluations were carried out at 5, 10 and 15 m away. The volatility of the synthetic mixture and aggregation pheromone was determined from gas chromatographic analysis of the volatiles collected by dynamic aeration. The synthetic mix and essential oil traps captured adults up to 10 m away, while the pheromone traps trapped insects up to 60 m. The combination of the pheromone and the synthetic mixture or flower bud essential oil attracted similar amounts of adults as the individual pheromone traps ($P > 0.05$). Removing geranic acid from the aggregation pheromone reduced the number of insects ($P < 0.05$). The synthetic mixture captured insects at

Recibido 18 Enero 2020 / Aceptado 14 Marzo 2020 / Publicado online 19 Mayo 2020
Editor Responsable: José Mondaca E.

short distances, results that could be improved by increasing the concentration or adding other compounds.

Key words: Aggregation pheromone, *Capsicum annuum*, kairomone, Z-3-hexenyl-acetate, Z- β -ocimene.

Introducción

El principal problema en el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L., Solanaceae) es ocasionado por el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano), un insecto que se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta Centroamérica (EPPO 2019). En México, se cultivan alrededor de 151.607 ha de chile por año, distribuidas en todo el territorio nacional, con una producción de 3.120.536 toneladas (SIAP 2019). Los adultos de este curculiónido se alimentan de yemas florales y frutos en desarrollo, sin embargo, el daño más evidente es causado por sus larvas. Esta plaga ocasiona pérdidas que varían entre el 30 y el 90 % de la producción si no se implementan medidas de control oportunas (Campbell 1924; Velazco 1969). Para combatir al insecto, los productos químicos se han usado como la primera opción; los métodos tradicionales se dificultan debido a que la mayor parte de su desarrollo se lleva a cabo dentro del fruto, lo que le permite al insecto evadir cualquier aplicación química. Derivado de la dificultad en el control, en México se realizaron a campo abierto hasta 15 aplicaciones de insecticida por temporada (Avenidaño-Meza 2017), lo que genera efectos negativos para los organismos benéficos (Rodríguez-Leyva *et al.* 2007).

Con la feromona de *A. eugenii* es posible capturar adultos antes de que éstos sean detectados mediante inspecciones visuales (Eller *et al.* 1994; Eller y Palmquist 2014), sin embargo, esta estrategia sólo es eficiente antes de la floración y al final de la cosecha, debido a que el efecto de la feromona se diluye ante la gran cantidad de volátiles liberados por las flores, lo que se correlaciona con la baja captura en trampas cebadas con feromonas (Eller *et al.* 1994). En diferentes trabajos se indica que el picudo del chile responde a los aromas liberados por las plantas hospedantes (Addesso y McAuslane 2009) y en particular por sus estructuras reproductivas (Bautista-San Juan *et al.* 2019). Varios de estos compuestos han sido identificados, sintetizados y evaluados en experimentos de laboratorio; su combinación con la feromona de agregación ha mostrado un sinergismo en la respuesta del insecto bajo pruebas de laboratorio (Muñiz-Merino *et al.* 2014). No obstante que se tienen identificados los compuestos liberados por las estructuras reproductivas del chile, no se han realizado estudios para determinar su efectividad sobre el monitoreo de insectos en campo. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto de diferentes compuestos extraídos de la planta hospedante para la atracción del picudo del chile en condiciones de campo abierto.

Materiales y Métodos

Insectos. Insectos de edad y estado de apareamiento desconocidos fueron recolectados en el ejido Vallejo (23,118245° N, -100,545644° O), municipio de Villa de Guadalupe, San Luis Potosí, México en cultivos de chile serrano durante agosto de 2018. La colonia se estableció en el Colegio de Postgraduados, en condiciones controladas de temperatura (26 \pm 2 °C) y fotoperiodo (13:11 hrs luz: oscuridad). Cada tercer día se retiraron los adultos emergidos y se trasladaron a recipientes de 3 L de capacidad, donde permanecieron hasta su uso, alimentados continuamente con frutos en desarrollo de chile jalapeño (\leq 30 mm de longitud). Para los experimentos en campo, se utilizaron insectos con más de 10 días de edad, separados por sexo de acuerdo a las características descritas por Eller (1995).

Los insectos sin copular se dejaron 12 hrs sin alimento y agua antes de las pruebas en campo.

Atrayentes. La mezcla sintética estuvo conformada por (E)- β -ocimeno (53 %) [Chemos®], (Z)- β -ocimeno (6 %), 2-Isobutil-3-metoxipirazina (3 %), (Z)-3-hexenil acetato (25 %) y terpinoleno (13 %) [Sigma Aldrich®]. En tubos de microcentrífuga, se colocaron 500 mg de la mezcla de los compuestos sintéticos, diluidos en aceite mineral (Herschi Trading®) con un volumen final de 1 mL. Los componentes de la feromona de agregación del picudo del chile, (Z)-2-(3,3-dimetilciclohexilideno) etanol, (E)-2-(3, dimetilciclohexilideno) etanol, (Z)-(3,3-dimetilciclohexilideno) acetaldehído, (E)-3,3-dimetilciclohexilideno) acetaldehído, (E)-3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol y (E)-ácido 3,7-dimetil-2,6-octadienoico fueron adquiridos en Ferommis®. El aceite esencial se extrajo mediante arrastre de vapor con 100 gr de botones florales de chile cv. poblano utilizando la metodología descrita por Zheljzakov *et al.* (2013), con algunas modificaciones. En cada liberador, se agregaron 500 mg de aceite extraído, diluidos en aceite mineral para su evaluación en campo.

Experimentos en campo. El experimento se estableció en un área ubicada en el Colegio de Postgraduados, municipio de Texcoco, Estado de México, México (19,468861° N, -98,898833° O). El terreno tenía una topografía plana, sin presencia de cultivo de chile para evitar interferencia de picudos provenientes del campo. Se utilizaron trampas amarillas (30,5 x 15 cm), impregnadas con pegamento (Adhequim®), las cuales se colocaron un día antes de iniciar el experimento a una altura de 0,30 m en dirección a los vientos predominantes. Durante agosto-diciembre del 2018 se evaluaron como tratamientos: a) una mezcla sintética (MS), b) aceite esencial de botones florales (AE), c) feromona de agregación (FA), d) mezcla sintética y feromona (MS: FA), e) aceite esencial y feromona (AE: FA) y f) trampas sin atrayente como testigo (TA). En la primera evaluación se utilizaron 720 picudos, se liberaron 10 ejemplares (5 hembras y 5 machos) desde 5 m de distancia en los cuatro puntos cardinales del lugar de ubicación de cada tratamiento. Para la segunda evaluación se liberó la misma cantidad de insectos desde 10 m de distancia en los cuatro puntos cardinales. En la tercera evaluación se utilizaron 864 picudos, se liberaron 12 ejemplares (6 hembras y 6 machos) desde una distancia de 15 m en los cuatro puntos cardinales. En la cuarta evaluación se emplearon 1.008 picudos, se liberaron 14 ejemplares (7 hembras y 7 machos) desde una distancia de 30 m en los cuatro puntos cardinales. En la quinta evaluación, se usaron 1.296 picudos, de los cuales se liberaron 18 ejemplares desde 60 m de distancia en los cuatro puntos cardinales. Entre agosto-octubre del 2019 se evaluaron los tratamientos: a) mezcla sintética y ácido geránico (MS: AG), b) feromona de agregación sin ácido geránico (SC), c) ácido geránico (TC), d) feromona de agregación completa y e) trampas sin atrayente como testigo (TA) a 5, 10 y 15 m de distancia. En cada evaluación se utilizaron 600 picudos y se liberaron 10 ejemplares (5 hembras y 5 machos) en los cuatro puntos cardinales de las trampas por repetición. Todos los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento con una separación de 100 m entre cada repetición y tratamiento. Las liberaciones se realizaron durante las 13:00 a 17:00 horas de la tarde, de acuerdo con el periodo de mayor actividad de hembras y machos (Muñiz-Merino *et al.* 2014). La cantidad de insectos utilizados estuvo sujeta a la disponibilidad de estos en la colonia establecida. Las trampas se revisaron una vez por semana, durante los 15 días que duró cada evaluación, mientras que el nivel del volumen de cada dispensador se revisó una vez por semana.

Colección de volátiles en dispersores. Los compuestos de la mezcla sintética y feromona de agregación se capturaron por aireación dinámica en los días 1, 7, 14, 21 y 28 días. Los

liberadores se colocaron en un frasco cilíndrico de vidrio con cuello esmerilado 29/42 de 21 cm de alto, 6 cm de diámetro interno y 500 mL de capacidad (Pyrex®). El frasco tenía un tapón esmerilado (2942), con dos tubos de cristal a los cuales se les colocó una manguera Nalgene (3/16 ID), por donde se hizo pasar aire con una bomba Elite 802 con un flujo de 60 mL/min, regulado con un flujómetro (Gilmont®). Tres frascos se colocaron a un mismo tiempo para cada liberador, en cada punto de ingreso del aire se colocó una pipeta pasteur de 150 mm (Brand®) empacado con 50 mg de adsorbente Tenax TA 60/80 (Sigma Aldrich®) el cual fungió como filtro. Otro cartucho igual se colocó en línea, a la salida de cada frasco, para la colecta de los compuestos provenientes del dispersor, con un tiempo de captura de 3 horas. Los volátiles capturados en cada cartucho se eluyeron con 4 mL de hexano grado HPLC y se llevaron a una concentración de 100 µL mediante una corriente suave de nitrógeno. La solución resultante se colocó en viales color ámbar de 3 mL (Agilent-Technologies®) y se almacenó a - 4 °C hasta su análisis por cromatografía de gases.

Análisis cromatográfico de las muestras de los liberadores. De cada muestra concentrada se inyectó 1 µL a un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (5890) con detector de ionización de llama (GC-FID). Las condiciones de Cromatografía de Gases fueron: nitrógeno como gas acarreador, con un flujo de 1 mL min⁻¹, la temperatura del detector y del inyector fue de 250 °C. Las condiciones de corrida fueron temperatura inicial de 40 °C estable por 5 min, luego aumentó 5 °C min⁻¹ hasta alcanzar 100 °C, después aumentó 10 °C min⁻¹ hasta alcanzar 210 °C manteniéndolo por 5 min, con un tiempo de total de corrida de 33 min. La identificación y confirmación de los compuestos se obtuvieron mediante la comparación de los tiempos de retención con estándares comerciales.

Análisis estadístico. Los datos de los experimentos de cada distancia evaluada se analizaron mediante modelos lineales mixtos, los tratamientos se utilizaron como factor fijo y las repeticiones anidadas en semanas como factor aleatorio. Se realizó un análisis *post hoc* con la corrección de Bonferroni con una probabilidad de 0,05 para comprobar si existían diferencias significativas dentro de cada grupo de medias. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS v. 25.0 para Windows (IBM Corp. 2019).

Resultados

Durante el 2018, los resultados de la primera evaluación en campo a 5 m de distancia mostraron diferencia significativa en el número promedio de picudos recapturados ($F=31,558$; $df= 5, 48$; $P < 0,05$). Los tratamientos FA (8,55±1,02), FA: MS (7,33±1,02) y FA: AE (7,33±1,02) registraron las medias más altas, mientras que MS y AE presentaron valores muy inferiores, pero mayores en comparación con el testigo (Fig. 1; 5 m). En las comparaciones *post hoc*, la diferencia de medias entre FA comparada con MS (8,11±1,02), AE (7,88±1,02) y TA (8,55±1,02) registraron diferencias de medias significativamente mayores ($P<0,05$); mientras que FA: MS y FA: AE presentaron diferencias de medias similares comparada con MS (6,88±1,02), AE (6,66±1,02) y TA (7,33±1,02). En la segunda evaluación a 10 m de distancia también se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos utilizados ($F=52,509$; $df= 5, 40$; $P < 0,05$). El testigo (TA) registró valores inferiores, comparadas con MS y AE, mientras que FA, FA: MS y FA: AE presentaron las medias más altas (Fig. 1; 10 m). En las pruebas *post hoc*, las diferencias de medias entre FA con MS (7,88±0,78), AE (8,22±0,78) y TA (9,00±0,78); FA: MS con MS (6,00±0,78), AE (6,33±0,78) y TA (7,11±0,78); así como FA: AE con MS (6,22±0,78), AE (6,55±0,78) y TA (7,33±0,78) fueron significativamente mayores ($P<0,05$).

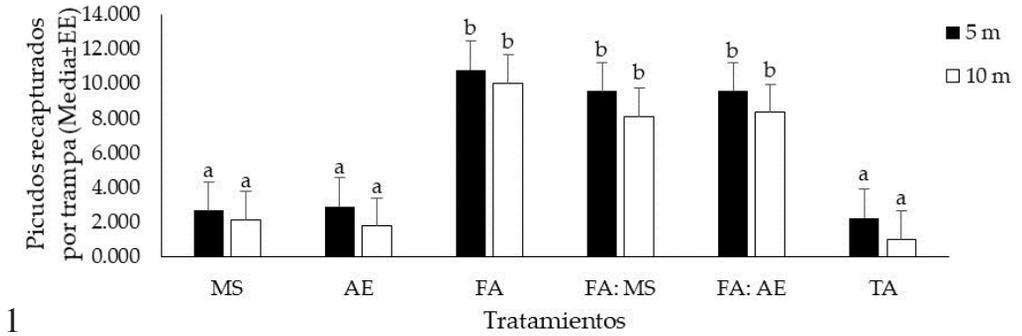


Figura 1. Promedio de picudos recapturados a 5 y 10 m de distancia durante 2018. Tratamientos: MS (mezcla sintética), AE (aceite esencial), FA (feromona de agregación), FA: MS (feromona de agregación: mezcla sintética), FA: AE (feromona de agregación: aceite esencial) y TA (trampa sin atrayente como testigo). Medias ± Error estándar de los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas; Prueba de Bonferroni ($P < 0,05$).

Los resultados a 15 m de distancia indicaron que hubo un efecto de los tratamientos, los cuales se diferenciaron estadísticamente en el número promedio de recapturas ($F=124, 310$; $df= 5, 40$; $P < 0,05$). En la cuarta evaluación en campo a 30 m de distancia, los tratamientos nuevamente registraron diferencia significativa en el número de recapturas ($F= 137, 277$; $df=5, 40$; $P < 0,05$), así como en la quinta evaluación a 60 m de distancia ($F=41, 353$; $df=5, 40$; $P < 0,05$). Las medias en MS, AE y TA ($0,70\pm 0,11$) resultaron similares en estas evaluaciones, mientras que FA, FA: MS y FA: AE presentaron las medias más altas (Fig. 3). En las pruebas post hoc, la diferencia de medias entre FA, FA: MS y FA: AE fueron significativamente mayores, comparadas con MS, AE y TA ($P < 0,05$). Las pruebas univariadas, mostraron diferencia significativa en estas distancias, lo que indica que el modelo propuesto, resultó aceptable ($P < 0,05$).

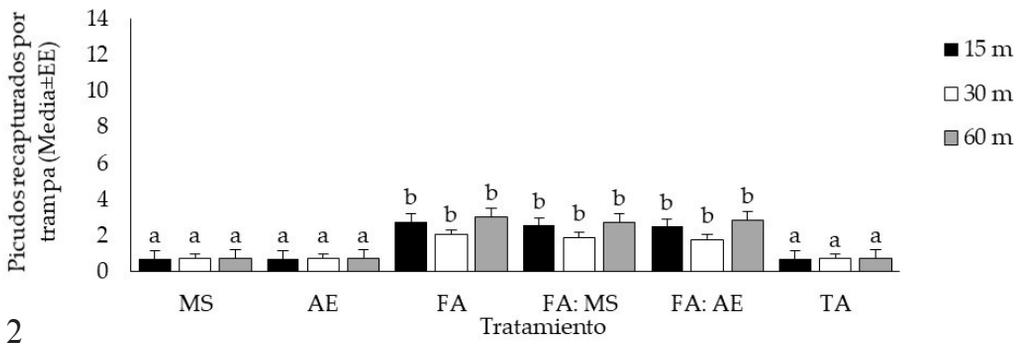


Figura 2. Promedio de picudos recapturados a 15, 30 y 60 m de distancia durante 2018. Tratamientos: MS (Mezcla sintética), AE (aceite esencial), FA (feromona de agregación), FA: MS (feromona de agregación: mezcla sintética), FA: AE (feromona de agregación: aceite esencial) y TA (trampa sin atrayente como testigo). Medias ± Error estándar de los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas; Prueba de Bonferroni ($P < 0,05$).

Durante el 2019, los tratamientos evaluados a 5 m de distancia presentaron diferencia significativa en el número de insectos recapturados ($F=23,024$; $df= 5,40$; $P < 0,05$). La diferencia de medias en FA, fue estadísticamente mayor que los tratamientos restantes (Fig. 3; 5 m). Los tratamientos MS: AG con TC ($0,62\pm 0,14$), FA ($-0,57\pm 0,14$) y TA ($0,74\pm 0,14$);

SC con TC ($0,70\pm 0,14$) y TA ($0,81\pm 0,14$); TC con MS: AG ($-0,62\pm 0,14$), SC ($-0,70\pm 0,14$) y FA ($-1,19\pm 0,14$); FA con MS: AG ($0,57\pm 0,14$), TC ($1,19\pm 0,14$) y TA ($1,31\pm 0,14$); así como TA con MS: AG ($-0,74\pm 0,14$), SC ($-0,81\pm 0,14$), FA ($-1,31\pm 0,14$) registraron diferencia significativa de acuerdo a las comparaciones *post hoc* ($P < 0,05$). A 10 m de distancia del punto de liberación se encontró diferencia significativa en el promedio de adultos recapturados entre los tratamientos evaluados ($F = 8,895$; $df = 5,40$; $P < 0,05$). Las medias entre FA (1,61) y MS: AG (1,31) fueron más altas, comparadas con TA (0,86) utilizada como testigo (Fig. 3; 10 m). En las comparaciones *post hoc* de Bonferroni, los tratamientos SC ($-0,48\pm 0,12$); TC ($-0,63\pm 0,12$); y TA ($-0,75\pm 0,12$) presentaron diferencia de medias significativamente menores que FA ($P < 0,05$), mientras que FA fue mayor comparada con SC ($0,48\pm 0,12$), TC ($0,63\pm 0,12$) y TA ($0,75\pm 0,12$). Para la evaluación a 15 m, también se observó un efecto significativo entre los tratamientos sobre el número de recapturas ($F=10,612$; $df=5,40$; $P < 0,05$). La prueba *post hoc* en MS: AG ($-0,36\pm 0,08$), SC ($-0,48\pm 0,08$), TC ($-0,48\pm 0,08$) y TA ($-0,48\pm 0,08$) resultaron significativamente menores (Fig. 3; 15 m), comparadas con FA ($P < 0,05$); mientras que FA resultó significativamente mayor que MS: AG ($0,36\pm 0,08$), SC ($0,48\pm 0,08$), TC ($0,48\pm 0,08$) y TA ($0,48\pm 0,08$).

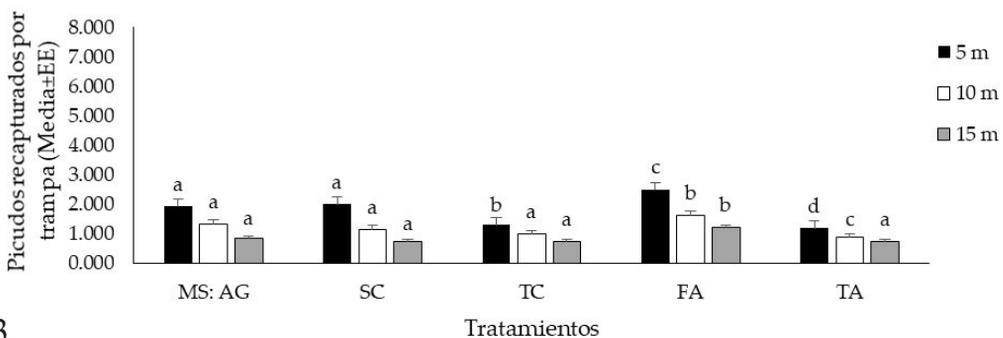


Figura 3. Promedio de picudos recapturados a 5, 10 y 15 m de distancia durante 2019. Tratamientos: MS: AG (Mezcla sintética: ácido geránico), SC (feromona de agregación sin ácido geránico), TC (Ácido geránico), FA (feromona de agregación), TA (trampas sin atrayente como testigo). Medias \pm Error estándar de los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas; Prueba de Bonferroni ($P < 0,05$).

En el análisis cromatográfico, los compuestos E- β -ocimeno (OCIME) y Z-3-hexenil acetato (HEXAZ) registraron las áreas más altas, mientras que el 2-isobutil-3-metoxipirazina (MPIR) presentó el área más baja durante el tiempo de exposición en campo en los tubos de microcentrífuga. En contraste, en la feromona de agregación, los compuestos (Z)-2-(3,3-dimetilciclohexilideno) etanol (PW I), (E)-2-(3,3-dimetilciclohexilideno) etanol (PW II) y (E)-ácido 3,7-dimetil-2,6-octadienoico (GERAC) registraron mayor volatilidad. Cinco de los compuestos permanecieron hasta 28 días de exposición en campo, mientras que el (E)-ácido 3,7-dimetil-2,6-octadienoico (GERAC) solo permaneció en el dispersor hasta 14 días.

Discusión

Las trampas con la mezcla sintética y aceite esencial registraron adultos del picudo del chile a 5 y 10 m de distancia, aunque no fueron significativamente diferentes, comparadas con el control. De manera similar, Cha *et al.* (2008) no lograron encontrar un cambio significativo en el número de machos de *Paralobesia viteana* (Clemens) entre trampas con señuelos sintéticos basados en volátiles de plantas huésped y trampas de control. Estudios previos (Muñiz-Merino *et al.* 2014; Bautista-San Juan *et al.* 2019), demostraron por

olfatometría en laboratorio que la respuesta de machos y hembras fue inequívoca hacia los volátiles de la mezcla evaluada. Probablemente, la cantidad de volátiles liberados en campo estuvo debajo del umbral de recepción; así lo sugirieron los resultados del análisis cromatográfico, donde los compuestos de la mezcla sintética presentaron mayor volatilidad comparadas con los componentes de la feromona de agregación. Esto quizá ocasionó la pérdida de atracción durante el tiempo de exposición, por lo que posiblemente se deban aumentar las concentraciones de la mezcla en los dispersores.

El volumen del extracto del aceite esencial disminuyó más del 50 % en cinco días, esta pérdida en el volumen del aceite puede atribuirse a la volatilidad de alguno de los componentes presentes como ha sucedido con otros compuestos (Mette-Cecilie *et al.* 2019). En el género *Anthonomus*, la evaluación de aceites esenciales es escasa, solo existen algunos reportes con *A. grandis* Boheman, donde se observó una atracción hacia los aceites extraídos de sus plantas hospederas (McKibben *et al.* 1977). Estudios recientes han demostrado la importancia de los aceites esenciales para la detección de plagas (Owens *et al.* 2017; Kendra *et al.* 2018), por lo que su implementación en el manejo de insectos es una opción que se podría explorar en otros estudios.

La combinación entre la feromona de agregación y los compuestos provenientes del hospedero no aumentaron el número de recapturas. Szendrei *et al.* (2011), en experimentos de campo, observaron que la adición de Z-3-hexenil-acetato y hexil acetato, volátiles principales del arándano, con componentes de la feromona de *A. musculus* Say no mejoraron la atracción. Una explicación posible de nuestros resultados podría ser que la relación de la liberación de los componentes en la mezcla utilizada no fue suficiente para atraer al picudo y provocar un sinergismo, como sucedió con *A. rubi* Herbst, donde la adición de 1,4-dimethoxybenzene, principal volátil de la fresa, junto con la feromona de agregación causó capturas mayores que con la feromona individual (Wibe *et al.* 2014).

La feromona de agregación sin ácido geránico fue significativamente inferior, comparada con la feromona completa. El ácido geránico estuvo presente hasta 14 días de acuerdo con el análisis cromatográfico, la rápida volatilidad pudo haber ocasionado una respuesta nula en campo. El ácido geránico por sí mismo resulta ineficiente, sin embargo la mezcla de los seis compuestos de la feromona es mucho más atractiva que la de cinco compuestos (Eller *et al.* 1994; Eller y Palmquist 2014), esto se observó en las trampas donde únicamente se utilizó el ácido geránico (TC), ya que en estas, se obtuvieron las capturas más bajas comparadas con el control; el color pudo haber influido en estas capturas, ya que se ha demostrado que las trampas amarillas no cebadas son atractivas para los adultos *A. eugenii* (Riley y Schuster 1994). La mezcla sintética combinada con ácido geránico, componente de la feromona del picudo de Chile capturó insectos a 15 m de distancia, aunque no se presentó diferencia significativa comparada con el control. Similarmente, la adición de la feromona de agregación de *A. rubi* a la combinación de la feromona sexual de *L. rugulipennis* + fenilacetaldéhidó no causó cambios significativos en las tasas de captura de *Lygus rugulipennis* Poppius (Baroffio *et al.* 2018). En futuros estudios, se podría optimizar la mezcla de la feromona de *A. eugenii* y los volátiles del Chile para mejorar la atracción de este insecto.

Conclusión

Las trampas con la mezcla de (E)- β -ocimeno, (Z)- β -ocimeno, 2-Isobutil-3-metoxipirazina, (Z)-3-hexenil acetato y terpinoleno presentaron insectos a corta distancia, similar al aceite esencial. La mezcla debe mejorarse, quizás mediante el aumento de la concentración de los componentes o la adición de otros compuestos presentes en el Chile. Fue evidente que la feromona de agregación es una estrategia efectiva para la captura de adultos de *A. eugenii*, siempre y cuando su colocación sea antes de la floración y después de la cosecha, para

atraer y capturar a la mayor cantidad de adultos que se pudieran encontrar en hospederos alternos.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 638598 para financiar la realización de este estudio; al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por las facilidades otorgadas para realizar el experimento, así como a la Junta Local de Sanidad Vegetal del Altiplano Centro de San Luis Potosí (JLSVAC) por el apoyo en la recolección de muestras de chiles infestados con *A. eugenii*.

Literatura Citada

- Addesso, K.M. y McAuslane, H.J. (2009)** Pepper weevil attraction to volatiles from host and nonhost plants. *Environmental Entomology*, 38(1): 216-224.
- Avendaño-Meza, F. (2017)** Efectividad biológica de insecticidas para el manejo de la resistencia del picudo del chile. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 6(11): 23-38.
- Bautista-San Juan, A., Cibrián-Tovar, J., López-Romero, R.M., Martínez-Bautista, N. y Gómez-Domínguez, N.S. (2019)** Atracción de adultos de *Anthonomus eugenii* (Cano) a mezclas de compuestos volátiles sintéticos. *Southwestern Entomologist*, 44(3): 743-754.
- Baroffio, C.A., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Borg-Karlson, A.K., Bruun, S.A., Cross, J.V., Fountain, M.T., Hall, D., Mozuraitis, R., Ralle, B., Trandem, N. y Wibe, A. (2018)** Combining plant volátiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crops. *Crop Protection*, 109: 1-8.
- Campbell, R.E. (1924)** Injuries to pepper in California by *Anthonomus eugenii* Cano. *Journal of Economic Entomology*, 17: 645-647.
- Cha, D.H., Nojima, S., Hseler, S.P., Zhang, A., Linn, C.E. Jr, Roelofs, W.L. y Loeb, G.M. (2008)** Identification and field evaluation of grape shoot volatiles attractive to female grape berry moth (*Paralobesia viteana*). *Journal of Chemical Ecology*, 34: 1180-1189.
- Eller, F.J., Bartelt, R.J., Shasha, B.S., Schuster, D.J., Riley, D.G., Stansly, P.A., Mueller, T.F., Shuler, K.D., Johnson, B., Davis, J.H. y Sutherland, C.A. (1994)** Aggregation pheromone for the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae): Identification and field activity. *Journal of Chemical Ecology*, 20(7): 1537-1555.
- Eller, F.J. (1995)** A previously unknown sexual character for the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 78(1): 180-183.
- Eller, F.J. y Palmquist, D.E. (2014)** Factors affecting pheromone production by the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) and collection efficiency. *Insects*, 5(4): 909-920.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2019)** Abril 05, 2019. EPPO Global Database, *Anthonomus eugenii*. Consultado: 10 de Abril, 2019. Disponible en: <https://gd.eppo.int/taxon/ANTHEU/distribution>
- IBM Corp. (2017)** IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 25.0. Armonk, Nueva York: IBM Corp.
- Kendra, P.E., Montgomery, W.S., Niogret, J., Tabanca, N., Owens, D. y Epsky, N.D. (2018)** Utility of essential oils for development of host-based lures for *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), vector of laurel wilt. *Open Chemistry*, 16(1): 393-400.

- Muñiz-Merino, M., Cibrián-Tovar, J., Hidalgo-Moreno, C., Bautista-Martínez, N., Vaquera-Huerta, H. y Aldama-Aguilera, C. (2014)** Compuestos volátiles atraen al picudo (*Anthonomus eugenii* Cano) del Chile (*Capsicum* spp.) y presentan sinergia con su feromona de agregación. *Agrociencia*, 48(8): 819-832.
- McKibben, G.H., Mitchell, E.B., Scott, W.P. y Hedin, P.A. (1977)** Boll weevils are attracted to volatile oils from cotton plants. *Environmental Entomology*, 6(6): 804-806.
- Mette-Cecilie, N., Sansom, C.E., Larsen, L., Worner, S.P., Rostás, M., Chapman, R.B., Butler, R.C., De Kogel, W.J., Davidson, M.M, Perry, N.B. y Teulon, D.A.J. (2019)** Volatile compounds as insect lures: factors affecting release from passive dispenser systems. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(7): 208-223.
- Owens, D., Montgomery, W.S., Narvaez, T.I., Deyrup, M.A. y Kendra, P.E. (2017)** Evaluation of lure combinations containing essential oils and volatile spiroketals for detection of host-seeking *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Economic Entomology*, 10(4): 1596-1602.
- Riley, D.G. y Schuster, D.J. (1994)** Pepper weevil adult response to colored sticky traps in pepper field. *Southwestern Entomologist*, 19: 93-107.
- Rodríguez-Leyva, E., Stansly, P.A., Schuster, D.J. y Bravo-Mosqueda, E. (2007)** Diversity and distribution of parasitoids of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) from México and prospects for biological control. *Florida Entomologist*, 90(4): 693-702.
- Szendrei, Z., Averill, A., Alborn, H. y Rodríguez-Saona, C. (2011)** Identification and field evaluation of attractants for the cranberry weevil, *Anthonomus musculus* Say. *Journal of Chemical Ecology*, 37(4): 387-397.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México (SIAP) (2019)** Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado 19 de marzo, 2019. Disponible en: www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado.
- Velasco, P.H. (1969)** Evaluación de pérdidas, preferencia de oviposición del picudo barrenillo del Chile (*Anthonomus eugenii* Cano). Efectividad de varios insecticidas y reacción de diferentes variedades a su ataque. *Agricultura Técnica en México*, 2(11): 449-567.
- Wibe, A., Borg-Karlon, A.K., Cross, J., Bichao, H., Fountain, M., Liblikas, I. y Sigsgaard, L. (2014)** Combining 1, 4-dimethoxybenzene, the major flower volatile of wild strawberry *Fragaria vesca*, with the aggregation pheromone of the strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* improves attraction. *Crop Protection*, 64: 122-128.
- Zheljazkov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T. y Jeliakova, E. (2013)** Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, 62(4): 195-199.

