

RADIO DE ACCIÓN Y DENSIDAD DE TRAMPAS CEBADAS CON FEROMONA DE AGREGACIÓN SINTÉTICA PARA MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE

Pedro Figueroa-Castro¹, Héctor González-Hernández¹, José Luis Carrillo-Sánchez¹, Julio Cesar Rojas-León², José Ignacio del Real-Laborde³ y Juan Fernando Solís-Aguilar⁴. ¹Fitosanidad-Entomología, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230 Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México. figueroac.pedro@gmail.com; hgzzhdz@colpos.mx; josecarr@colpos.mx. ²Grupo Ecología y Manejo de Artrópodos, El Colegio de la Frontera Sur, Km 2.5 Carr. Antiguo Aeropuerto, C.P. 30700, Tapachula, Chiapas, México. jrojas@ecosur.mx. ³Casa Sauza, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México. ignaciodelreal@gmail.com. ⁴Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México, México. jfsolis@hotmail.com.

RESUMEN: En la presente investigación, se estudió el radio de acción de la feromona de agregación sintética para el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, mediante la técnica de captura-marcaje-liberación y recaptura. Asimismo, se evaluaron varias distancias entre trampas, con la finalidad de determinar la densidad óptima de trampas para el monitoreo de este insecto. El porcentaje de recaptura estuvo negativamente correlacionado con la distancia a la cual se liberaron los picudos marcados. Las trampas con feromona de agregación sintética atrajeron al picudo del agave hasta en un radio de 100 m. Las trampas colocadas a 100, 200 y 250 m de distancia entre sí, capturaron una mayor cantidad de picudos que las trampas colocadas a distancias menores. Para el monitoreo de *S. acupunctatus* se sugiere usar trampas con feromona a densidades de una trampa por cada 6 hectáreas de cultivo de agave tequilero.

Palabras clave: picudo del agave, densidad de trampas, feromona de agregación, monitoreo.

Attraction radius and density of synthetic aggregation pheromone-baited traps for monitoring the agave weevil

ABSTRACT: In this study, we investigated the attraction radius of the synthetic aggregation pheromone for the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, by means of the capture-marking-release and recapture technic. We also evaluated different inter-trap distances to know the optimum spacing between traps for monitoring this insect. The percent of marked weevils recaptured was negatively correlated with the distance between the marked weevils and the trap. The traps with synthetic aggregation pheromone attracted *S. acupunctatus* up to a radius of 100 m. The results showed that traps placed at distances of 100, 200 and 250 m between them, captured more weevils than traps placed at lower distances. Our results suggest that pheromone-baited traps for monitoring *S. acupunctatus* might be used at densities up to 1 trap per 6 hectares of blue agave crop.

Key words: agave weevil, traps density, aggregation pheromone, monitoring.

Introducción

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una plaga que afecta diversas especies de agaves cultivados y silvestres. En México, se considera de importancia económica en cultivos como el agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul), agave pulquero (*Agave atrovirens* Karw), agaves mezcaleros (*Agave angustifolia* Haw y *Agave cupreata* Trel & Berger), henequén (*Agave fourcroydes* Lem) y nardo (*Polianthes tuberosa* L.) (Barrios *et al.*, 2006, González *et al.*, 2007).

La importancia de esta plaga radica en que las larvas se alimentan barrenando el tejido interno de la planta y todo el ciclo biológico de esta plaga se lleva a cabo dentro de la “piña” de agave, lo cual complica su manejo después de colonizar la planta. Además, las heridas causadas en las plantas de agave por la alimentación de larvas y adultos, así como por la oviposición de hembras adultas, pueden

servir de entrada para fitopatógenos tales como hongos y bacterias asociados con enfermedades en agaves (González *et al.*, 2007).

Dentro del manejo integrado de plagas es muy importante disponer de herramientas que permitan estimar y monitorear la densidad poblacional de las plagas para realizar medidas preventivas o de control en forma oportuna. Así, en el caso del picudo del agave, después de realizar varios estudios sobre su ecología química se logró desarrollar un sistema de monitoreo mediante trampas cebadas con feromona de agregación sintética y con tejido de agave impregnado con insecticida (Rojas *et al.*, 2006, Rodríguez *et al.*, 2012). Posteriormente, Figuroa *et al.* (2013), utilizaron este sistema para estudiar la dinámica poblacional del picudo en plantaciones comerciales de agave tequilero en Jalisco. Sin embargo, aún hace falta estudiar y optimizar varios factores asociados a la trampa y al atrayente que pueden influir en la eficiencia de este sistema de monitoreo. Ante esto, en la presente investigación se estudió el radio de acción de la feromona de agregación sintética y se evaluaron diferentes distancias entre trampas, con la finalidad de determinar la mejor densidad de trampas para el monitoreo de esta plaga.

Materiales y Método

Trampa. En todos los experimentos se utilizaron trampas tipo “cubeta” construidas con cubetas de plástico de 4 L de capacidad, de color blanco, con cuatro perforaciones circulares (3.5 cm de diámetro) ubicadas a 1 cm de la base de la cubeta y equidistantes. En cada orificio se pegó un “cono” transparente en el interior para permitir la entrada del picudo y dificultar su salida.

Preparación y mantenimiento de las trampas. La preparación de cada una de las trampas consistió de un liberador de feromona de agregación sintética Tequilur (FeroComps, México, D. F.), el cual se colgó en un gancho de alambre por dentro de la trampa; también se agregaron 200 g de tejido de agave “base de pencas” colocado en una bolsa de polipapel con perforaciones circulares. La bolsa con el tejido de agave se colocó dentro de la cubeta y sobre ésta se aplicó insecticida *malation* en dosis de 10 mL por litro de agua (se aplicaron aproximadamente 50 mL de la mezcla por trampa). Finalmente la trampa se colocó a ras de suelo, junto a plantas de agave en la plantación o en el centro del terreno sin cultivo. El liberador de la feromona se reemplazó mensualmente por otro nuevo y el tejido de agave con insecticida generalmente se cambiaba cada 15 días.

Experimentos de radio de acción de la feromona. Se realizaron dos experimentos en un predio sin cultivo de agave y libre de maleza (“El Amatito”, 18° 20’ N, 099° 10’ W, a 911 msnm), en Quetzalapa, municipio de Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. El radio de acción de la feromona se determinó mediante la técnica de captura-marcaje-liberación y recaptura. Los picudos usados en ambos experimentos se colectaron en plantaciones de *Agave angustifolia* Haw en el municipio de Huitzuc de los Figueroa. Estos picudos se separaron por sexo, usando un microscopio estereoscópico de acuerdo con Ramírez-Choza (1993). Posteriormente los picudos se marcaron en los élitros y pronoto con esmalte para uñas; para diferenciar los picudos usados en las diferentes distancias se usaron colores diferentes. En el experimento 1 se usaron 280 picudos marcados. Se liberaron 7 hembras y 7 machos en cada una de las distancias de 20, 40, 60, 80 y 100 m a partir de la trampa, hacia los cuatro puntos cardinales. En el experimento 2 se utilizaron 120 picudos marcados. Se liberaron 15 hembras y 15 machos a 50 m de la trampa hacia los cuatro puntos cardinales. Las evaluaciones (recolectas de picudos recapturados en trampas) se realizaron a los 1, 2, 4, 8, 11, 22 y 25 días después de la liberación de los picudos marcados (DDL) y a los 1, 2, 4, 8, 11, 15 y 20 DDL, en los experimentos uno y dos, respectivamente. Se registró el número y sexo de los picudos recapturados para cada una de las distancias evaluadas.

Experimentos de distancias entre trampas. Se realizaron tres experimentos en una plantación de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul) de 2 años de edad (“El Molino”, 20° 43” N, 103° 55” W, a 1314 msnm), ubicado en el municipio de Ahualulco de Mercado, Jalisco. En el primer experimento se evaluaron cuatro distancias entre trampas (40, 50, 75 y 100 m), con cinco repeticiones. En el segundo experimento se evaluaron tres distancias (100, 150 y 200 m), con ocho repeticiones. En el tercer experimento se evaluaron dos distancias (200 y 250 m), con cuatro repeticiones. Todos los experimentos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar. Las evaluaciones (recolecciones de picudos capturados) se realizaron cada 15 días. Se registró el número y sexo de los picudos capturados en las trampas.

Análisis estadístico. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistical Analysis System*, versión 9.0 (SAS Institute, 2004.). En los experimentos de radio de acción se calculó el porcentaje de recaptura para cada una de las distancias evaluadas. Con los datos del experimento 1 se realizó un análisis de correlación entre la distancia y el porcentaje de recaptura, los datos se ajustaron a un modelo mediante regresión lineal. En el experimento 2 se calculó el área bajo la curva para cada distancia, con una probabilidad de 95%, con el criterio de que dos curvas son significativamente diferentes si existe una diferencia de un 5% entre ambas curvas. A los resultados de los experimentos de distancias entre trampas, se les realizó un análisis de varianza, previo a este análisis se probó normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett) y cuando fue necesario se realizaron transformaciones. Para detectar diferencias entre tratamientos se aplicó la prueba de medias Tukey ($\alpha=0.05$). Para determinar si existían diferencias significativas entre el número de hembras y machos capturados en trampas en cada uno de los experimentos, se aplicó la prueba Chi-cuadrada.

Resultados

Radio de acción de la feromona. En el primer experimento se encontró que la mayoría de los picudos recapturados se obtuvieron durante los primeros 4 días después de la liberación de los picudos marcados (DDL) (Fig. 1A). Se encontró una correlación negativa entre la distancia a la que se liberaron los picudos marcados y el porcentaje de recaptura ($P=0.0046$, $r=-0.97$) y la ecuación de regresión estimada fue $Y=63.389-0.56245(\text{distancia})$, $r^2=0.9513$. En cuanto a proporción sexual, se recapturó una mayor cantidad de hembras (60%) que machos (40%), pero no se detectaron diferencias significativas ($\chi^2=3.48$, $P=0.06$).

En el segundo experimento se encontró que la mayoría de picudos recapturados se obtuvieron durante los primeros 8 DDL (Fig. 1B). También se encontró que el punto cardinal en el cual se liberaron los picudos marcados con respecto a la trampa afectó el porcentaje de recaptura. De acuerdo al área bajo la curva (ABC) los mayores porcentajes de recaptura se obtuvieron del norte (recaptura = 53%, ABC= 710.42) y sur (recaptura = 50%, ABC= 747.65) y los menores del este (recaptura =43%, ABC= 540.16) y oeste (recaptura =27%, ABC= 375.72). No se encontraron diferencias significativas en la proporción sexual de picudos recapturados ($\chi^2=1.23$, $P=0.267$).

Distancia entre trampas. En el primer experimento se encontró que las trampas colocadas a 50, 75 y 100 m entre sí, capturaron un mayor número de picudos que las colocadas a 40 m ($F=7.30$; $df=3, 16$; $P=0.0003$) (Fig. 2A). Adicionalmente se encontró que las trampas con feromona capturaron significativamente una mayor cantidad de hembras (en promedio 81.39%) que machos ($\chi^2=175.78$, $P<0.0001$).

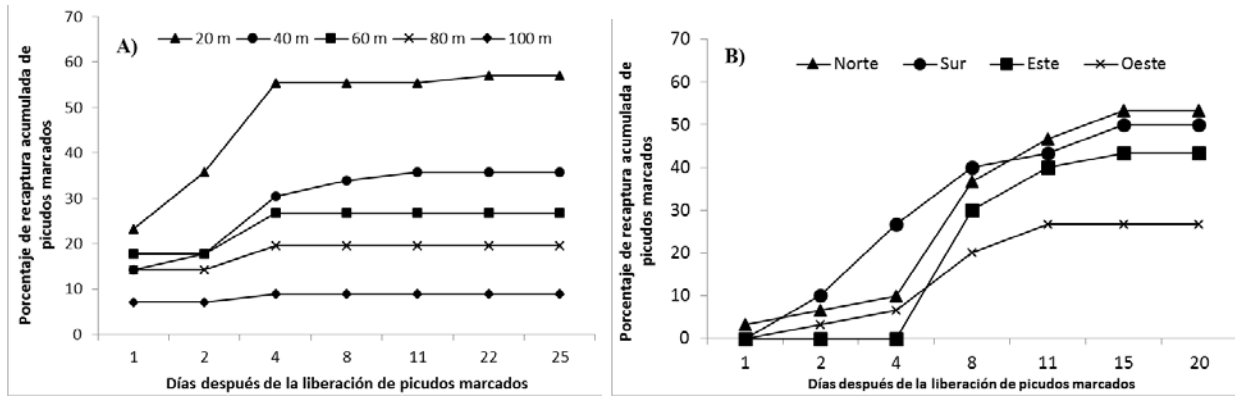


Figura 1. Porcentaje de recaptura acumulada de picudos marcados, de acuerdo con la distancia (A) y de acuerdo con el punto cardinal (B).

Los resultados del segundo experimento mostraron que las capturas en trampas tuvieron influencia de las distancias entre trampas (Fig. 2B) ($F = 12.64$; $df = 2, 21$; $P < 0.0001$). Las trampas colocadas a 150 m capturaron menor cantidad de picudos que las colocadas a 100 y 200 m. Las trampas capturaron significativamente una mayor proporción de hembras (79%) que machos ($\chi^2 = 742.59$, $P < 0.001$).

En el tercer experimento no se encontraron diferencias significativas entre el número de picudos capturados en las trampas colocadas a 200 y 250 m ($F = 0.84$; $df = 1, 6$; $P = 0.374$) (Fig. 2C). También se capturó significativamente un mayor porcentaje de hembras (73%) que machos ($\chi^2 = 32.52$, $P < 0.0001$).

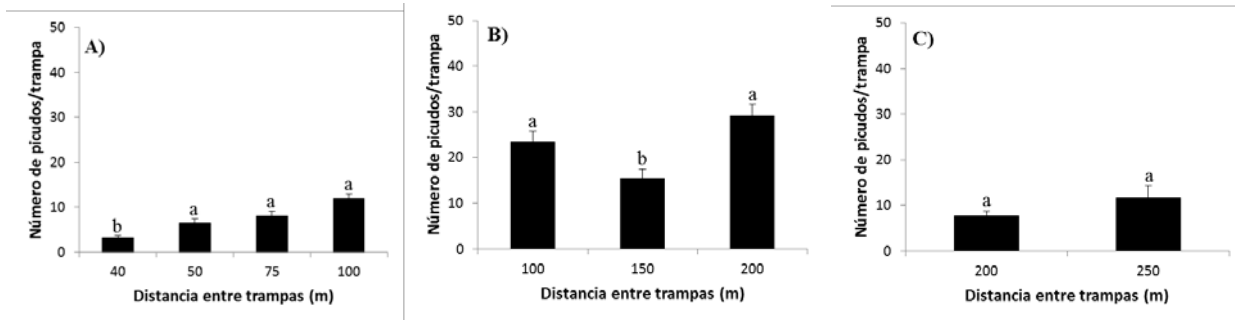


Figura 2. Número promedio (+EE) de picudos capturados por trampa, en el primer (A), segundo (B) y tercer (C) experimentos de densidad de trampas. Los experimentos no son comparables entre sí, ya que se realizaron en diferentes fechas. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Discusión

Se encontró que la mayoría de los picudos recapturados se obtuvieron durante los primeros 8 días después de la liberación. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rieske y Raffa (1990), quienes al trabajar con captura-recaptura del picudo *Hylobius pale* Herbst, recapturaron la mayoría de picudos durante los 7 días siguientes a la liberación.

El porcentaje de recaptura estuvo negativamente correlacionado con la distancia a la cual se liberaron los picudos marcados; así, las mayores recapturas se obtuvieron a los 20 m y se encontró que las trampas con feromona de agregación sintética fueron capaces de atraer a *S. acupunctatus* hasta en

un radio de 100 m. Mason *et al.* (1990), recapturaron el picudo *Cylas formicarius elegantulus* (Summers) hasta a 280 m de distancia.

También se encontró que la mayoría de los picudos recapturados arribaron del norte y sur, esto se pudo deber a que la dirección del viento en el sitio experimental predominó hacia estos dos puntos cardinales y pudo favorecer la difusión de feromona. Turner *et al.* (1978) encontraron una tendencia de *Pseudoplusia includens* (Walker) a volar contra el viento hacia la fuente emisora de feromona.

Las trampas colocadas a mayores distancias entre sí (100, 200 y 250 m), lograron mayores capturas que las trampas colocadas a distancias menores, este hecho puede indicar que hubo efecto de interferencia en las trampas colocadas a distancias cortas. Bacca *et al.* (2006) encontraron interferencia en la captura de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) cuando las trampas fueron colocadas a distancias menores a 10 m. Tomando en cuenta que las trampas colocadas a 200 y 250 m capturaron un número similar de picudos, por lo tanto se sugiere que para el monitoreo de *S. acupunctatus* las trampas con feromona de agregación sintética se usen a densidades de una trampa por cada 6 hectáreas de agave tequilero. Bacca *et al.* (2006) encontraron que para el monitoreo de *L. coffeella* es adecuado usar una trampa por cada 3.5-4 ha. Cortazar y Carrillo (1999) sugieren usar una trampa por cada 2 hectáreas para el monitoreo del picudo del cocotero.

El hecho de que las trampas con feromona capturaron una mayor proporción sexual de hembras que machos en la plantación de agave tequilero, también ya fue reportado para la misma especie plaga por Figueroa *et al.* (2013) y Rodríguez *et al.* (2012). La causa de esto, aún se desconoce, pero es probable que los machos se fatiguen sensorialmente con más facilidad que las hembras cuando están en un ambiente con altas concentraciones de volátiles emitidos por la planta y/o por el liberador de feromona. Sanders (1997) en experimentos bajo túnel de viento observó que se afectó el vuelo de palomillas macho al acercarse a la zona de alta concentración de feromona.

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca otorgada para los estudios de Doctorado del primer autor, y a Tequila Sauza, S.A. de C. V. por el apoyo logístico y económico para todos los experimentos realizados en Jalisco.

Literatura Citada

- Bacca, T., E. R. Lima, M. C. Picanco, R. N. C. Guedes, and J. H. M. Viana. 2006. Optimum spacing traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. Entomol. Exp. Appl. 119: 39-45.
- Barrios A., A., R. Ariza F., J. M. Molina M., H. Espinosa P. y E. Bravo M. 2006. Manejo de la fertilización en magueyes cultivados (*Agave* spp.) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto Técnico No.13. México. 44 pp.
- Cortazar R., M. y H. Carrillo. 1999. Uso de la feromona Rhyngolure para la captura del picudo del cocotero. In: 500 Tecnologías Llave en Mano, Tomo 1. SAGAR. INIFAP. Pp: 151.
- Figueroa-Castro, P., J. F. Solís-Aguilar, H. González-Hernández, R. Rubio-Cortés, E. G. Herrera-Navarro, L. E. Castillo-Márquez, and J. C. Rojas. 2013. Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue agave. Florida Entomol. 96: 1454-1462.
- González H., H., J. F. Solís A., C. Pacheco S., F. J. Flores M., R. Rubio C. y J. C. Rojas L. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero. Pp: 39-67. En: Manejo de Plagas del Agave Tequilero. H. González H., J. I. del Real L. y J. F. Solís A. (eds.). Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza, S.A. de C.V. México.

- Mason, L. J., R. K. Jansson, and R. R. Heath. 1990. Sampling range of male sweetpotato weevils (*Cylas formicarius elegantulus*, Summers) (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone traps: Influence of dosage and lure age. *J. Chem. Ecol.* 16: 2493-2502.
- Rieske, L. K. and K. F. Raffa. 1990. Dispersal patterns and mark-and-recapture estimates of two pine root weevil species, *Hylobius pales* and *Pachylobius picivorus* (Coleoptera: Curculionidae), in Christmas tree plantations. *Environ. Entomol.* 19: 1829-1836.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. *Bioecología y Control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, Mérida, Yucatán, México.* 127p.
- Rodríguez R., H., J. C. Rojas, H. González H., L. D. Ortega A., A. Equihua M., J. I. Del Real L. y J. López C. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zool. Mex.* (n. s), 28: 73-85.
- Rojas, J., H. González H., C. Ruiz M., D. N. Rangel R., E. I. Ceja., G. García C. e I. del Real L. 2006. Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gylh. Pp: 51-58. En: Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. J. F. Barrera y P. Montoya (eds.). *Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.*
- Sanders, C. J. 1997. Mechanisms of mating disruption in moths, pp. 333-346 In R. T. Cardé and A. K. Minks (Eds.), *Insect Pheromone Research. New Directions.* Chapman & Hall, New York.
- SAS Institute. 2004. *SAS/STAT 9.1 User's Guide.* SAS Institute Cary N. C. USA.
- Tuner, W. K., E. W. Hamilton, and F. L. Lee. 1978. Effect of wind speed and direction on the approach of soybean loopers to a pheromone source in a field. *Florida Entomol.* 61: 19-25.