



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

FACTORES ASOCIADOS A LA TRAMPA Y AL ATRAYENTE, QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE

PEDRO FIGUEROA CASTRO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

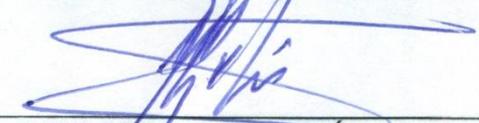
La presente tesis titulada: **Factores asociados a la trampa y al atrayente, que influyen en la eficiencia del sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave**, realizada por el alumno: **Pedro Figueroa Castro**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

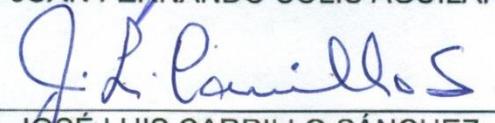
**DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

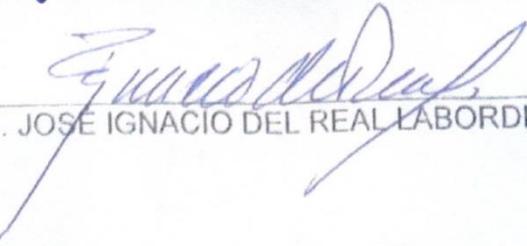
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: 
DR. JULIO CÉSAR ROJAS LEÓN

ASESOR: 
DR. JUAN FERNANDO SOLÍS AGUILAR

ASESOR: 
DR. JOSÉ LUIS CARRILLO SÁNCHEZ

ASESOR: 
DR. JOSÉ IGNACIO DEL REAL LABORDE

Montecillo, Texcoco, Estado de México, septiembre de 2014.

**FACTORES ASOCIADOS A LA TRAMPA Y AL ATRAYENTE, QUE INFLUYEN EN
LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL
PICUDO DEL AGAVE**

Pedro Figueroa Castro, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN GENERAL

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una de las plagas de mayor importancia en agaves silvestres y cultivados en México. En la presente investigación se realizaron estudios para determinar el sexo pionero de este picudo en plantas de agave. También se efectuaron diversos experimentos para estudiar y optimizar varios componentes del sistema de trapeo para el monitoreo del picudo del agave como ubicación, densidad y patrón de distribución de trampas; sistema de retención de picudos en las trampas; radio de acción de la feromona, cantidad y forma de colocar el agave atrayente en la trampa. Se encontró que en *Agave tequilana*, *A. angustifolia* y *A. cupreata*, tanto los machos como las hembras grávidas del picudo son capaces de iniciar la colonización. En cuanto al sistema de trapeo, se encontró que: las trampas colocadas sobre el cogollo de la planta y las colocadas a ras de suelo capturaron igual número de picudos. Las trampas colocadas a 200 y 250 m entre sí, capturaron un mayor número de picudos que las colocadas a menores distancias. El patrón de distribución espacial de las trampas no tuvo efecto en las capturas del picudo del agave. Las trampas diseño TOCCIA con agua jabonosa fueron igual de eficientes para la captura del picudo que las trampas diseño TOCCI con insecticida malatión. La feromona de agregación sintética atrajo los picudos hasta en un radio de acción de 120 m; la cantidad óptima de tejido de agave usado como atrayente por trampa fue 300 g. El colocar el agave atrayente dentro de una bolsa o bote de plástico incrementó las capturas de picudos.

Palabras clave: picudo del agave, agaves, sistema de trapeo, monitoreo.

**FACTORS ASSOCIATED TO TRAP AND ATTRACTANT THAT AFFECT THE
EFFICIENCY OF THE TRAPPING SYSTEM FOR MONITORING THE AGAVE
WEEVIL**

**Pedro Figueroa Castro, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2014**

GENERAL ABSTRACT

Agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), is one of the most important pest on wild and cultivated agaves in Mexico. In the present research some studies were conducted to determine the pioneer sex of this weevil on the agave plants. Also some experiments were performed in order to study and optimize some components of the trapping system for monitoring the agave weevil such as location, density and distribution pattern of traps; retention system for trapping weevils, pheromone attraction radius; amount and way of placing the attractant agave tissue inside the trap. It was found that males and gravid females are able to start the colonization on *Agave tequilana*, *A. angustifolia* y *A. cupreata*. In the case of the trapping system, it was found that traps placed over the crown of agave plants and traps placed at ground level captured the same number of weevils. Also traps placed at 200 and 250 m apart, captured a higher number of weevils than traps placed at shorter distances. Distribution pattern of traps did not have effect on the catches. TOCCIA traps with soapy water were efficient in trapping the agave weevil as TOCCI traps with malathion insecticide. The synthetic aggregation pheromone attracted the agave weevil within a radius of 120 m; the optimum amount of agave tissue used as an attractant per trap was 300 g, and placing the agave tissue in a bag or plastic container increased the catches of the agave weevil.

Key words: agave weevil, agaves, trapping system, monitoring.

DEDICATORIA

A mis padres: Luis Figueroa Ocampo y Francisca Castro Gaytán

A todos mis familiares y amigos

A todos los productores de agaves en México

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada durante mis estudios doctorales.

Al Colegio de Postgraduados (Campus Montecillo), por brindarme la maravillosa oportunidad de poder realizar mis estudios de Doctorado en Ciencias.

A Tequila Sauza, S. de R. L de C.V., por el apoyo económico del proyecto “Biología, Efectividad Biológica de Insecticidas y Ecología Química del Picudo del Agave” y apoyo logístico para los experimentos efectuados en Jalisco y asimismo, por todas las facilidades otorgadas en sus plantaciones de agave tequilero y en el Laboratorio del Campo Experimental Rancho “El Indio”.

En general a todas escuelas públicas, que contribuyeron a mi formación académica.

Al Dr. Héctor González Hernández, por su amistad, por su confianza y por su brillante desempeño como consejero y director de mi tesis. Así mismo, le agradezco el haberme brindado la oportunidad de realizar mi tesis doctoral en agave.

Al Dr. Juan Fernando Solís Aguilar, por su amistad y confianza, así como por su gran apoyo como asesor de tesis.

Al Dr. Julio C. Rojas, por su amistad, por su gran apoyo como asesor y en especial por todas sus sugerencias durante la ejecución de los experimentos.

Al Dr. José Luis Carrillo Sánchez, por su amistad, y por todo su valioso apoyo como asesor de tesis, así como, por todas sus excelentes y puntuales revisiones a los diversos resúmenes que se prepararon durante mis estudios doctorales.

Al Dr. José Ignacio del Real Laborde, por su amistad y por su gran apoyo como asesor de tesis.

Al M.C. Luis Emilio Castillo Márquez, por su amistad y por su valiosa asesoría para realizar los análisis estadísticos de los datos de esta tesis.

A la Dra. Laura Delia Ortega Arenas, por su amistad y participación como Sinodal.

En general a todo el personal del Campo Experimental Rancho “El Indio” de Tequila Sauza y en particular a: **M.C. Ramón Rubio Cortes, M.C. Mario Salamanca Camacho, Ing. Martín Carballo Sánchez e Ing. Martín Ramírez**, por todo su apoyo durante la ejecución de los experimentos realizados en campo, en Jalisco.

Al C. Lucio Castro Gaytán y C. Jaime Rodríguez Mata por las facilidades otorgadas en sus terrenos para la realización de experimentos en Guerrero.

Al C. Luis Figueroa Ocampo por permitirnos realizar experimentos en sus parcelas de maguey mezcalero papalote y espadín, en Guerrero.

En general a todas las personas que de alguna u otra manera aportaron su granito de arena para poder llevar a cabo con éxito la presente investigación.

Finalmente, quiero expresar toda mi gratitud a tod@s l@s maestr@s extraordinari@s que me transmitieron la tan noble, pero invaluable filosofía de prepararse en forma integral, mediante la búsqueda y el actuar por ser cada día mejor, y no solo académicamente, sino también como ser humano.

En general a todos mis familiares y amig@s, y en especial a mis amigos del Colegio de Postgraduados: M. C. Sarah Patiño, M. C. Daniel Barcenas, M. C. Artemio Hernández, Ing. Daniel Bravo y M. C. Carlos Patricio Illescas, entre otr@s. A mis amig@s: Cecy Amairani Alvarado Castañeda, M. C. Job Joel, Ing. Alfredo Aguilar, Ing. Jorge A. Adame e Ing. Ricardo Candia. Y a tod@s l@s que omití involuntariamente.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	1
2. Objetivos	3
3. Hipótesis.....	4
4. Revisión de literatura.....	4
4.1 Importancia de los agaves.....	4
4.2 Importancia del picudo del agave	5
4.3 Uso de trampas con semioquímicos para el manejo de plagas	6
4.4 Factores que influyen en la eficiencia de sistemas de trapeo de insectos ...	9
5. Literatura citada.....	10
CAPÍTULO I. SEXO PIONERO DE <i>SCYPHOPHORUS ACUPUNCTATUS</i> (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) EN AGAVES CULTIVADOS	16
Resumen	16
Abstract	17
1.1 Introducción.....	18
1.2 Materiales y Métodos	19
1.2.1 Sitios experimentales	19
1.2.2 Descripción de experimentos	20
1.2.3 Análisis estadístico	24
1.3 Resultados y Discusión	25
1.4 Conclusiones.....	27
1.5 Literatura citada.....	28
CAPÍTULO II. FACTORES ASOCIADOS A LA TRAMPA, QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE	31
Resumen.....	31
Abstract	32

2.1	Introducción.....	33
2.2	Materiales y Métodos	35
2.2.1	Sitios experimentales	35
2.2.2	Descripción, preparación y mantenimiento de trampas.....	35
2.2.3	Descripción del experimento de ubicación de trampas	37
2.2.4	Descripción de los experimentos de densidad de trampas	39
2.2.5	Descripción del experimento de patrón de distribución de trampas	39
2.2.6	Descripción del experimento del sistema de retención.....	41
2.2.7	Análisis estadístico	42
2.3	Resultados y Discusión	43
2.3.1	Ubicación de trampas.....	43
2.3.2	Densidad de trampas	44
2.3.3	Patrón de distribución espacial de trampas.....	51
2.3.4	Sistema de retención de picudos	53
2.4	Conclusiones.....	56
2.5	Literatura citada.....	57
CAPÍTULO III. FACTORES ASOCIADOS AL ATRAYENTE QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE		
	Resumen.....	62
	Abstract	63
3.1	Introducción.....	64
3.2	Materiales y Métodos	65
3.2.1	Sitios experimentales	65
3.2.2	Descripción, preparación y mantenimiento de trampas.....	66
3.2.3	Picudos usados en los experimentos de radio de acción.....	67
3.2.4	Descripción de los experimentos de radio de acción	68
3.2.5	Descripción de experimentos de cantidad de agave	69
3.2.6	Descripción del experimento de forma de colocar el agave	70
3.2.7	Análisis estadístico	71

3.3 Resultados y Discusión	72
3.3.1 Radio de acción de la feromona sintética	72
3.3.2 Cantidad de agave atrayente por trampa	79
3.3.3 Forma de colocar el agave atrayente en la trampa	84
3.4 Conclusiones	86
3.5 Literatura citada.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	92

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de sexo pionero de <i>S. acupunctatus</i> en agaves.	27
Cuadro 2. Número promedio de picudos por trampa y porcentaje de hembras y machos, capturados en trampas en el experimento de ubicación de trampas.	45
Cuadro 3. Porcentaje de picudos hembras y machos, capturados en trampas, en los experimentos de densidad de trampas.	48
Cuadro 4. Porcentaje de picudos del agave hembras y machos recapturados en trampas a diferentes distancias para determinar el de radio de acción de la feromona de agregación sintética..	77
Cuadro 5. Porcentaje de picudos hembras y machos, capturados en trampas, en los experimentos 1, 2 y 3 de cantidad de agave por trampa.	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Planta parcialmente jimada y B) mitad de piña jimada de agave tequilero.....	21
Figura 2. Piñas jimadas de agaves espadín (A) y papalote (B).....	22
Figura 3. Jaula de acrílico usada en el experimento para determinar el sexo pionero del picudo del agave, en laboratorio.....	23
Figura 4. Trampa con orificios circulares y conos internos (TOCCI), usada para la captura del picudo del agave.....	37
Figura 5. Trampa “TOCCI”, colocada a ras de suelo (A) y sobre cogollo de planta de agave (B), para la captura del picudo del agave.	38
Figura 6. Acomodo de trampas en campo del experimento de patrón de distribución de trampas, con dos patrones de distribución y dos distancias entre trampas.	40
Figura 7. Trampa “TOCCIA” usada para la captura del picudo del agave en la cual se usó agua jabonosa para retener los picudos (A), vista superior de trampa con agua (B) y forma de colocar el bote con tejido de agave para evitar su contacto con el agua (C).	42
Figura 8. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa en los experimentos de densidad de trampas: A) 40, 50, 75 y 100 m; B) 100, 150 y 200 m; C) 200 y 250 m. No se puede hacer comparación entre experimentos, debido a que se realizaron en diferentes fechas. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).	50

Figura 9. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función del patrón de distribución de trampas en campo. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05). 52

Figura 10. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función del sistema de retención para los picudos capturados. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05). 56

Figura 11. Porcentaje de recaptura acumulada de picudos, a diferentes distancias entre el punto de liberación de los picudos marcados y las trampas con feromona (A) y línea de regresión de la distancia de liberación de los picudos y el porcentaje de recaptura, obtenida a partir de las ecuaciones de regresión estimadas (B). 78

Figura 12. Porcentaje de recaptura acumulada de picudos, en función del punto cardinal (A) y a diferentes distancias entre el punto de liberación de los picudos marcados y las trampas con feromona (B) para determinar el radio de acción de la feromona. 79

Figura 13. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función de la cantidad de agave atrayente por trampa. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05). 81

Figura 14. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función de la forma de colocar el tejido de agave dentro de la trampa. Las barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05). 86

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Planteamiento del problema

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una plaga muy importante en México debido a que afecta un gran número de especies de agaves silvestres y cultivadas (Ramírez-Choza 1993, Barrios et al. 2006, Aquino et al. 2007, González et al. 2007).

Uno de los principales problemas para el manejo de esta plaga es que es críptica (generalmente se encuentra en el interior de la planta), lo cual no solo dificulta su control químico (Pérez 1980, Valdés-Rodríguez 2004), sino que también complica el monitoreo de su densidad poblacional, ya que los muestreos visuales resultan poco representativos y confiables, además de complicados por la presencia de espinas en las pencas del agave; otra opción son los muestreos destructivos, que consisten en abrir (jimar) plantas y contar los picudos presentes en ellas, sin embargo, esta metodología demanda mucho tiempo para jimar las plantas y causa pérdidas económicas por el hecho de destruir plantas. El no poder monitorear apropiadamente a esta plaga hace difícil estimar los niveles de infestación en la plantación, a la vez esto dificulta el determinar los momentos apropiados para ejecutar medidas de control en forma oportuna.

Ante la dificultad para el monitoreo de esta plaga, la alternativa más viable es el uso de trampas cebadas con semioquímicos y es por ello que se han realizado varios estudios sobre la ecología química de este picudo. Por ejemplo, Ruiz-Montiel et al. (2003) encontraron que los machos de *S. acupunctatus* producen una feromona de agregación que atrae a ambos sexos. Posteriormente, Ruiz-Montiel et

al. (2008) identificaron los principales compuestos de la feromona y encontraron que la cetona 2-metil-4-octanona es el componente mayoritario. Rodríguez-Rebollar et al. (2012) encontraron que para el trapeo de este picudo es suficiente con el compuesto mayoritario de la feromona. Hernández-González et al. (2014) evaluaron dos cebos feromonales comerciales y encontraron que el cebo que contenía únicamente el compuesto mayoritario obtuvo mayores capturas de picudo del agave que el cebo que contenía una mezcla de 2-metil-4-octanona y 2-metil-4-heptanona. Rojas et al. (2006), reportaron la posibilidad de que el tejido de agave puede sinergizar la respuesta del picudo a la feromona. Bravo-Pérez (2009), al evaluar diseños de trampas encontró que la trampa con orificios circulares y conos internos es la mejor para este picudo.

Todos los estudios anteriores permitieron desarrollar un sistema de trapeo que consiste en trampas cebadas con feromona de agregación sintética y tejido fresco de agave impregnado con insecticida (García-Coapio 2009). Dicho sistema de trapeo fue probado en campo por Figueroa-Castro et al. (2013), quienes estudiaron la dinámica poblacional de este picudo en plantaciones de agave tequilero y encontraron una correlación positiva entre la población de picudo en plantas muestreadas y el número de picudos capturados en trampas, lo cual indica que este sistema si es útil para el monitoreo de *S. acupunctatus* en agaves; sin embargo, se observaron algunos aspectos del sistema que se podrían mejorar. Asimismo, Piñero y Ruiz-Montiel (2012) también mencionan que estas trampas se podrían usar para el monitoreo de este picudo e incluso señalan la posibilidad de usarlas para umbrales de acción y para trapeo masivo, pero también aclaran que antes se deben

optimizar algunos aspectos relacionados a las trampas, entre los cuales menciona localización y densidad de trampas.

En el 2013 el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) implementó la campaña contra plagas reglamentadas del agave tequilero en la zona de Denominación de Origen del Tequila, que comprende el estado de Jalisco, y municipios de los estados de Nayarit, Michoacán, Guanajuato y Tamaulipas. Dentro de las acciones contempladas en el manual operativo de esta campaña, se incluye el uso de trampas cebadas con feromona y/o con trozos de piña de agave para el monitoreo del picudo del agave (SENASICA 2013).

Ante el notable y creciente interés de usar estas trampas para el monitoreo del picudo del agave, resulta pertinente y esencial estudiar los factores que influyen en la eficiencia de este sistema de trapeo, a fin de tener un sistema de monitoreo que permita obtener datos confiables para estimar la densidad poblacional de la plaga, de una manera práctica y económica.

2. Objetivos

- Determinar el sexo pionero de *Scyphophorus acupunctatus* en agaves.
- Estudiar y optimizar factores asociados a la trampa como el sistema de retención de picudos capturados, ubicación, densidad y patrón de distribución de trampas.
- Estudiar y optimizar factores asociados al atrayente como el radio de acción de la feromona, cantidad y forma de colocar el atrayente alimenticio en la

trampa, que influyen en la eficiencia del sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave.

3. Hipótesis

- Los machos del picudo del agave son los pioneros y son los que inician la colonización en agaves.
- Los factores asociados a la trampa (sistema de retención de picudos capturados, ubicación, densidad y patrón de distribución de trampas) y al atrayente (radio de acción de la feromona, cantidad y forma de colocar el agave atrayente en la trampa), influyen en la eficiencia del sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave.

4. Revisión de literatura

4.1 Importancia de los agaves

El género *Agave* es muy importante en México debido a la gran cantidad de especies silvestres, semi-cultivadas y cultivadas, a las cuales se les dan diversos usos (Granados 1993), tales como la producción de bebidas alcohólicas (tequila, mezcal, pulque, bacanora, comiteco y destilados), la extracción de fibras y para la alimentación humana y animal (Gentry 1982, Granados 1993, Brena-Bustamante et al. 2012). Además del reciente interés de utilizar los agaves para la producción de biocombustibles (bioetanol) y extracción de fructanos con fines edulcorantes (inulina y agavinas) (Madrigal 2009, Motañez-Soto et al. 2011, Valenzuela 2011).

Dentro de las especies de agaves que actualmente generan mayor actividad económica en México destacan: el agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul), el

cual se utiliza para la producción de la bebida tequila (Cedeño 2003); el maguey espadín (*A. angustifolia* Haw) y maguey papalote (*A. cupreata* Trel & Berger), ambos utilizados para la producción de mezcal (Barrios et al. 2006); el maguey pulquero (*A. salmiana* y *A. atrovirens*) para extracción de pulque (Granados 1993); el henequén (*Agave fourcroydes* Lem) y el sisal (*A. sisalana* Perrine), usados para la obtención de fibras (Granados 1993).

4.2 Importancia del picudo del agave

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una plaga de gran importancia a nivel mundial ya que afecta a varias especies de *Agave* (Vaurie 1971, Waring and Smith 1986; Aquino et al. 2014). Esta especie, en México es considerada como una de las plagas insectiles de mayor importancia en agave tequilero en el estado de Jalisco (Solís-Aguilar et al. 2001); en maguey mezcalero espadín en Oaxaca y Guerrero (Barrios et al. 2006, Aquino et al. 2007); en maguey mezcalero papalote (*A. cupreata* Trel & Berger) en Guerrero (Barrios et al. 2006); en henequén en Yucatán (Ramírez-Choza 1993) y en nardo (*Polianthes tuberosa* L.) en Morelos (Camino et al. 2002).

Esta plaga causa daños directos e indirectos, los directos son provocados principalmente por las larvas, las cuales se alimentan de la piña de agave, barrenando y haciendo galerías, y en menor grado por la alimentación de picudos adultos (González et al. 2007). Los daños por alimentación en piñas de agave tequilero son de aproximadamente un 24.5% del volumen total de la bola “piña” (Solís-Aguilar et al. 2001) y en maguey espadín puede ser de un 10.26% (Aquino et al. 2007). Sin embargo, en plantas enfermas con pudrición del cogollo, los daños

directos por picudo llegan a ser más graves, tal como citan Figueroa-Castro et al. (2013), quienes al realizar muestreos dirigidos a plantas de agave tequilero enfermas con pudrición de cogollo encontraron que los daños promedio por picudo fueron de un 70% del volumen total del tejido de la piña (bola) de agave.

Los daños indirectos son debido a que las galerías hechas por las larvas y las heridas realizadas por los adultos, ya sea para alimentación u oviposición, pueden servir de entrada para organismos fitopatógenos (Waring and Smith 1986, González et al. 2007) y también es probable que este picudo sea transmisor de algunos organismos patógenos (Waring and Smith 1986, Aquino et al. 2011).

4.3 Uso de trampas con semioquímicos para el manejo de plagas

Semioquímicos del griego *semeion* (señal), es el nombre genérico que reciben los compuestos químicos que actúan como estímulo y mediadores en las interacciones entre organismos (Norris et al. 2003). Los semioquímicos se dividen en dos grupos de acuerdo al tipo de interacción en la que participan, así cuando el emisor y receptor son de la misma especie (comunicación intraespecífica) se llaman “feromonas”, y cuando el emisor y receptor son de diferente especie (comunicación interespecífica) se denominan “aleloquímicos” (Norris et al. 2003, Heuskin et al. 2011).

Las feromonas se agrupan de acuerdo con el tipo de efecto que causan en el organismo receptor; así tenemos las que inducen respuestas fisiológicas y las que inducen respuestas de comportamiento en el insecto receptor, siendo estas últimas las utilizadas en el manejo de plagas (Rojas et al. 2008).

Las feromonas comportamentales se subdividen, en función de la respuesta que inducen en el organismo receptor, en cinco grupos siguientes: 1) feromonas sexuales, que son producidas por un sexo y atraen al sexo opuesto de su misma especie, son comunes en lepidópteros, 2) de agregación, que son emitidas por un sexo y atraen a ambos sexos, son comunes en coleópteros, 3) marca senderos o de ruta, sirven para seguir rastro o camino, son típicas en hormigas, 4) de alarma, las cuales algunos insectos usan para alertar a sus con-específicos en caso de peligro, sirven para indicar ataque en insectos sociales como abejas o huida en insectos gregarios como áfidos y 4) feromonas de marcaje que sirven para indicar que un hospedero ya está colonizado y así reducir competencia entre individuos de su misma especie, éstas se reportan en algunos parasitoides y moscas de la fruta (Norris et al. 2003, Barrera et al. 2006, Rojas et al. 2008, Heuskin et al. 2011). De todas estas feromonas las que más se utilizan para cebar trampas para la captura de insectos plaga son las sexuales y las de agregación (Barrera et al. 2006).

Los aleloquímicos se dividen en tres categorías: 1) kairomonas (cuando se beneficia el receptor), 2) alomonas (se beneficia el emisor) y 3) sinomonas (se benefician emisor y receptor). Para el trampeo de plagas se utilizan compuestos atrayentes del grupo de las kairomonas (Norris et al. 2003, Rojas et al. 2008, Heuskin et al. 2011).

Dentro del manejo integrado de plagas, las trampas cebadas con feromonas y/o atrayentes alimenticios “kairomonas” se utilizan para monitorear y/o controlar poblaciones de insectos plagas (Norris et al. 2003, Barrera et al. 2006).

Las trampas cebadas con semioquímicos se utilizan para el monitoreo de plagas para tres propósitos: detección (para alerta temprana, distribución y cuarentena), uso de umbrales de acción (para determinar el momento oportuno para ejecutar medidas de control, uso oportuno de otros muestreos, evaluación de riesgos) y estimación de la densidad poblacional de plagas (para determinar tendencias poblacionales, dispersión, evaluación de riesgos y evaluación del efecto de medidas de control) (Wall 1990, Norris et al. 2003, Barrera et al. 2006, Rojas et al. 2008). En México, se han usado sistemas de trampas con feromonas para el monitoreo de varias plagas de importancia económica, entre los casos más recientes están para el picudo del algodnero (*Anthonomus grandis* Boheman) y el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders) (SENASICA 2014).

Las trampas con semioquímicos se pueden utilizar para el control de plagas mediante el trampeo masivo, la atracción-aniquilación. En el trampeo masivo el principio es usar una gran cantidad de trampas por superficie y en la atracción-aniquilación el principio es que los insectos que son capturados en las trampas, mueran por acción de algún agente letal, el cual puede ser un insecticida (Norris et al. 2003, Rojas et al. 2008). Generalmente para el control de insectos plaga se usa una combinación de trampeo masivo y atracción-aniquilación, es decir se usan grandes cantidades de trampas por superficie y en éstas se coloca algún agente letal para lograr que los insectos capturados en las trampas mueran, lo cual conlleva a una disminución de la densidad poblacional de la plaga; sin embargo, actualmente son pocos los casos de éxito, debido a muchas limitaciones, tales como el alto costo por el número de trampas; además, el control es más factible cuando las plagas

tienen baja densidad poblacional y que generalmente funciona a largo plazo y en grandes superficies (Norris et al. 2003, El-Sayed et al. 2006). Algunos de los casos más conocidos en los que ha funcionado el trampeo con fines de control son *Rhynchophorus palmarum* L. y *A. grandis* (El-Sayed et al. 2006).

4.4 Factores que influyen en la eficiencia de sistemas de trampeo de insectos

Para monitorear, detectar o controlar un insecto plaga se requiere un sistema de trampeo que sea específico (que no afecte especies no blanco), eficiente, económicamente factible, fácil de establecer en campo, que su mantenimiento sea práctico y que genere información confiable de la plaga (Barrera et al. 2006).

La eficiencia de los sistemas de trampeo se determina por la calidad de información que generan, la cual depende de varios factores que se pueden agrupar en cinco grupos: 1) factores asociados a la trampa, 2) al atrayente, 3) a la plaga, 4) al cultivo, 5) así como factores ambientales (Barrera et al. 2006).

En los factores asociados a la trampa existen diversos aspectos relacionados con el diseño y uso de la trampa que pueden influir en la eficiencia para capturar insectos, entre los más importantes están la forma, tamaño, color y textura de la trampa; el sistema de retención de insectos capturados (pegamento, insecticida, agua, agua con jabón, entomopatógenos u obstrucciones físicas); así como la ubicación (altura), densidad (número de trampas por superficie) y patrón de distribución espacial de las trampas en campo (triángulo, cuadro) (Tinzaara et al. 2005, Barrera et al. 2006).

Entre los factores asociados con el atrayente se pueden incluir al tipo de atrayente (feromona sexual, feromona de agregación, cebo alimenticio, etc.), tipo de formulación, tipos de dispensadores (bolsa de polietileno, septos de hule), cantidad de atrayente, tasa de liberación (mg/día), radio de acción del atrayente y duración de liberadores en campo (Tinzaara 2005, Barrera et al. 2006, Heuskin et al. 2011).

Entre los factores ambientales se pueden incluir la temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, dirección y velocidad del viento (Tinzaara et al. 2005, Barrera et al. 2006, Heuskin et al. 2011).

Mientras que los factores asociados con la plaga pueden ser los hábitos, densidad poblacional y estado fisiológico del insecto plaga (Barrera et al. 2006).

Finalmente, entre los factores asociados con el cultivo puede incluirse al estado fenológico (floración, fructificación, etc.) y manejo del cultivo (Tinzaara 2005, Barrera et al. 2006).

5. Literatura citada

Aquino Bolaños, T., M. A. Iparraguire Cruz y J. Ruiz Vega. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. Revista UDO Agrícola 7: 175-180.

Aquino Bolaños, T., J. Ruiz Vega, S. Giron Pablo, R. Pérez Pacheco, S. H. Martínez Tomas, and M. E. Silva Rivera. 2011. Interrelationships of the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal), *Erwinia carotovora* (Dye), entomopathogenic agents and agrochemicals. Afr. J. Biotechnol. 68: 15402-15406.

- Aquino Bolaños, T., E. Pozo Velázquez, U. Álvarez Hernández y J. R. Delgado Gamboa. 2014. Plantas hospedantes del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) en Oaxaca, México. *Southwestern Entomol.* 39: 163-169.
- Barrera, J. F., P. Montoya y J. Rojas. 2006. Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. *En: Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México. pp: 1-16.
- Barrios Ayala, A., R. Ariza Flores, J. M. Molina Muñoz, H. Espinosa Paz y E. Bravo Mosqueda. 2006. Manejo de la fertilización en magueyes mezcaleros cultivados (*Agave* spp.) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto Técnico No.13. México. 44 pp.
- Bravo-Pérez, D. 2009. Evaluación de tipos de trampas con feromona de agregación sintética Tequilur® en el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Amatitán, Jalisco. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- Brena-Bustamante, P., R. Lira-Saade, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, H. Cervantes-Maya, M. López-Carrera y S. Chávez-Herrera. 2012. El aprovechamiento del escapo y los botones florales de *Agave kerchovei* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Botanical Sciences* 91: 181-186.
- Camino Lavín, M., V. Castrejón Gómez, R. Figueroa Brito, L. Aldana Llanos, and M. E. Valdes Estrada. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, Mexico. *Florida Entomol.* 85: 392-393.
- Cedeño Cruz, M. 2003. Tequila production from agave: historical influences and contemporary process. pp. 223-245. *In: K. A. Jacques, T. P. Lyons, and D. R.*

- Kelsall [eds.], The Alcohol Textbook, a reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries. Nottingham University Press, UK.
- El-Sayed A. M., D. M. Suckling, C. H. Wearing, and J. A. Byers. 2006. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *J. Econ. Entomol.* 99: 1550-1564.
- Figuroa-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.
- García-Coapio, G. 2009. Sistema de trampeo con feromona de agregación y volátiles vegetales para el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 75 pp.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. University of Arizona Press. Tucson. Manufactured in the U. S. A. 670 p.
- González Hernández, H., J. F. Solís Aguilar, C. Pacheco Sánchez, F. J. Flores Mendoza, R. Rubio Cortes, y J. C. Rojas. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. *En*: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, and J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Granados S. D. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. 1ª edición. Chapingo, México. 252 p.
- Hernández-González, M., M. A. Fonseca-Ortega, A. Santiesteban-Hernández, J. J. Escobar-Aguayo y J. C. Rojas. 2014. Evaluación de dos cebos feromonales comerciales para el monitoreo del picudo del agave. *Entomología Mexicana.* 13: 798-802.
- Heuskin, S., F. J. Verheggen, E. Haubruge, J. P. Wathelet, and G. Lognay. 2011. The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15: 459-470.

- Madrigal Lugo, R. 2009. Agaves para producir bioetanol. Seminarios SEMEXDAAD. En: www.daadmex.org/pdf/Dr%20Remigio%20Lugo.pdf. Fecha de consulta: 5 de junio de 2014.
- Montañez-Soto J., J. Venegas-González, M. Vivar-Vera y E. Ramos-Ramírez. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. *Bioagro*. 23: 199-206.
- Norris R. F., E. P. Caswell-Chen, and M. Kogan. 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Ed. Prentice Hall. New Jersey. 586 p.
- Pérez Serrato, P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw.) en la Mesa Central de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61 p.
- Piñero C., J. y C. Ruiz-Montiel. 2012. Ecología química y manejo de picudos (Coleóptera: Curculionidae) de importancia económica. *En: Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*, pp. 361-400. J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. Bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, Mérida, Yucatán, México. 127 p.
- Rodríguez-Rebollar, H., J. C. Rojas, H. González-Hernández, L. D. Ortega-Arenas, A. Equihua-Martínez, J. I. del Real-Laborde, y J. López-Collado. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 28: 73-85.
- Rojas, J., H. González Hernández, C. Ruiz Montiel, D. N. Rangel Reyes, E. I. Ceja, G. García Coapio y I. del Real Laborde. 2006. Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gylh. *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. pp: 51-58.
- Rojas, J. C., E. A. Malo y J. E. Macías Sámano. 2008. Uso de semioquímicos en el manejo integrado de insectos plaga. pp: 167-182. *En*: J. Toledo y F. Infante (eds.). Manejo Integrado de Plagas. Editorial Trillas. México, D. F. México.
- Ruiz-Montiel, C., H. González-Hernández, J. Leyva, C. Llanderal-Cazares, L. Cruz-López, and J. C. Rojas. 2003. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1126-1131.
- Ruiz-Montiel, C., G. García-Coapio, J. C. Rojas, E. A. Malo, L. Cruz-López, I. del Real, and H. González-Hernández. 2008. Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. *Entomol. Exp. Appl.* 127: 207-217.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2013. Manual operativo de la campaña contra plagas reglamentadas del Agave. Disponible en línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=5491>. Fecha de consulta: 10 de junio de 2014.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Campañas y programas fitosanitarios. Disponible en línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4153>. Fecha de consulta: 10 de junio de 2014.
- Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza, y A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Tinzaara, W. 2005. Chemical ecology and integrated management of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* in Uganda. Ph. D. Thesis. Wageningen University. 184 p.

- Tinzaara, W., C. S. Gold, M. Dicke, A. V. Huis, and P. E. Ragama. 2005. Factors influencing pheromone traps effectiveness in attracting the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *International Journal of Pest Management*, 51: 281-288.
- Valdés-Rodríguez, S., J. L. Ramírez-Choza, J. Reyes-López y A. Blanco-Labra. 2004. Respuesta del insecto max (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal [Coleoptera: Curculionidae]) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 20: 157-166.
- Valenzuela, A. 2011. A new agenda for blue agave landraces: food, energy and tequila. *GCB Bioenergy*. 3: 15-24.
- Vaurie, P. 1971. Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). *Colleopt. Bull.* 25: 1-8.
- Wall, C. 1990. Principles of monitoring. pp: 9-23. *In*: R. L. Ridgway, R. M. Siverstein, and M. N. Inscoe (eds.), *Behavior-Modifying chemicals for insect management*. Marcel Decker, Inc. New York.
- Waring, G. L., and R. L. Smith. 1986. Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 334-340.

**CAPÍTULO I. SEXO PIONERO DE *SCYPHOPHORUS ACUPUNCTATUS*
(COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) EN AGAVES CULTIVADOS**

Resumen

En la presente investigación se realizaron experimentos en campo en agave tequilero en Ahualulco de Mercado, Jalisco y en magueyes espadín y papalote en Quetzalapa, municipio de Huitzuco de Los Figueroa, Guerrero; además de un experimento en laboratorio en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Todos estos experimentos se realizaron con la finalidad de determinar el sexo pionero del picudo del agave y así poder entender mejor como se inicia la colonización en dichos agaves. Se encontró que tanto los machos como las hembras grávidas pueden iniciar la colonización en los agaves tequilero, espadín y papalote.

Palabras clave: picudo del agave, sexo pionero, agaves.

**PIONEER SEX OF *SCYPHOPHORUS ACUPUNCTATUS* (COLEOPTERA:
DRYOPHTHORIDAE) ON CULTIVATED AGAVES**

Abstract

In the present study, field experiments were made on blue agave in Ahualulco de Mercado, Jalisco, and on agave “espadín” and on agave “papalote” in Quetzalapa, municipality of Huitzuco de Los Figueroa, Guerrero, and one laboratory experiment at Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. All these experiments were made with the objective of determining the pioneer sex of agave weevil and thereby to understand in a better way how this weevil starts colonizing these agaves. It was found that both, males and gravid females were able to start colonizing in blue, “espadín” and “papalote” agaves.

Key words: agave weevil, pioneer sex, agaves.

1.1 Introducción

Actualmente el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una plaga muy importante en diversas especies de agaves cultivados en México (Solís-Aguilar et al. 2001, Barrios et al. 2006, Aquino et al. 2007, González et al. 2007, Aquino et al. 2014) y en otros países (Vaurie 1971).

Uno de los principales métodos de control de esta plaga es el control químico, mediante insecticidas químicos (Terán et al. 2012); sin embargo, este control no es sencillo del todo, ya que una vez que sus larvas se encuentran barrenando dentro de la planta de agave, se ve limitada la eficacia de los insecticidas (Pérez 1980). El conocimiento y entendimiento de aspectos básicos del comportamiento de una plaga son factores muy importantes para su manejo integrado (Norris et al. 2003). El entender mejor el comportamiento de este picudo podría ayudar a orientar de una manera más apropiada las diversas medidas que se implementan para su control.

Un aspecto importante del comportamiento de las plagas es entender su proceso de colonización y conocer cuál es el sexo pionero (el que inicia la colonización). Sin embargo, este tema ha sido muy poco estudiado en insectos, la mayoría de los trabajos existentes sobre este aspecto se han realizado en insectos descortezadores. En algunas especies de insectos se ha encontrado que solo un sexo es el pionero, así en los escarabajos *Ips pini* Say e *I. lecontei* Swaine, los machos son el sexo pionero. En cambio en los escarabajos *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, *D. brevicornis* LeConte, *D. ponderosae* Hopkins y *Tomicus destruens* Wollaston, el sexo pionero son las hembras (Svihra 1982, Wood 1982, Faccoli et al., 2011, Foelker and Hofstetter 2014).

Por otro lado, también existen reportes de especies de insectos en los cuales, aunque el macho es el pionero, las hembras también son capaces de iniciar la colonización, como lo reportan All and Anderson (1972), quienes observaron que en *Ips grandicollis* Eichoff el macho es el pionero, pero las hembras solitarias también tienen la capacidad de iniciar el ataque de árboles y producir crías. Asimismo, Stock (1981) observó en experimentos de laboratorio que en *Dryocoetes confusus* Swaine las hembras también pueden iniciar el ataque a pesar de que el pionero es principalmente el macho.

En la presente investigación se realizaron experimentos en plantaciones de agaves y en laboratorio, para determinar cuál es el sexo pionero de *S. acupunctatus* y entender como inicia esta plaga la colonización en agaves cultivados.

1.2 Materiales y Métodos

1.2.1 Sitios experimentales

En total se realizaron seis experimentos. Los experimentos uno y dos se realizaron en una plantación de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul) de 7 años de edad, “El Casco” (20° 46” N, 103° 57” W, a 1444 msnm), ubicada en el municipio de Ahualulco de Mercado, Jalisco. El tercer experimento se realizó en una plantación de agave mezcalero espadín (*Agave angustifolia* Haw) de 6 años de edad, “La Minilla” (18° 21” N, 99° 10” W, a 957 msnm). El cuarto experimento se llevó a cabo en una plantación de agave mezcalero papalote (*Agave cupreata* Trel & Berger) de 8 años de edad, “La Minilla 2” (18° 21” N, 99° 10” W, a 951 msnm), ambos predios ubicados en Quetzalapa, municipio de Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. El quinto experimento se realizó en el Laboratorio de Entomología del Colegio de

Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. El sexto experimento se realizó en un terreno sin cultivo de agave y con maleza (aproximadamente 10 cm de altura), “El Amatito” (18° 20” N, 099° 10” W, a 911 msnm) ubicado en Quetzalapa, Guerrero.

El municipio de Ahualulco de Mercado, Jal., tiene una precipitación pluvial anual promedio de 871.4 mm, la temporada de lluvias ocurre normalmente de junio a septiembre; la temperatura media anual es de 20.6 °C, siendo junio el mes más caluroso y enero el más frío (Ruiz et al. 2004). El municipio de Huitzuc de Los Figueroa, Gro., tiene una precipitación pluvial anual promedio de 1,071.4 mm, la temporada de lluvias normalmente comprende de junio a septiembre; la temperatura anual media es de 24.5 °C, con mayo como el mes más caluroso y enero como el más frío (García 1987).

1.2.2 Descripción de experimentos

El experimento 1 se realizó en plantas de agave tequilero de la plantación “El Casco”, para lo cual se eligieron seis plantas de agave tequilero (visiblemente libres de picudo), distanciadas entre sí por al menos 30 m, a estas plantas se les cortó el cogollo y varias pencas para poder acercarse a revisarlas (Figura 1A). Durante 3 días (del 16 al 18 noviembre, 2011) estas plantas parcialmente jimadas se revisaron cada 30 min (de 9:00-14:00 horas); en cada una de las revisiones se colectaron los picudos que se encontraron en cada planta cortada.

En el experimento 2 se jimaron dos plantas de agave tequilero (visiblemente libres de picudo) en la plantación El Casco y las piñas o bolas se partieron a la mitad (Figura 1B), posteriormente las cuatro mitades se distribuyeron al azar en la

plantación, dejando al menos 30 m entre sí. Estas mitades de piñas se revisaron cada 30 min (9:00-14:00 horas), durante 3 días (del 16 al 18 noviembre, 2011) y en cada revisión se colectaron los picudos encontrados en cada mitad de piña.

En el experimento 3 se jimaron ocho plantas de agave espadín de la plantación La Minilla, las cuales estaban visiblemente libres de picudos. Estas piñas enteras (Figura 2A) se distribuyeron al azar dentro la plantación, dejando al menos 30 m entre ellas y se realizaron revisiones (colecta de picudos) de éstas cada 30 min (9:00-14:00 horas) durante 5 días (del 17 al 21 de diciembre 2012).

En el experimento 4 la metodología y fecha fue igual que en el experimento tres, lo único que cambió fue que se realizó en otra plantación, La Minilla 2 y las piñas jimadas (Figura 2B) fueron de agave papalote.



Figura 1.A) Planta parcialmente jimada y B) mitad de piña jimada de agave tequilero.



Figura 2. Piñas jimadas de agaves espadín (A) y papalote (B).

El experimento 5 se desarrolló en el laboratorio del CP en una jaula de acrílico (75x50x37 cm), con tres ventanas de 30x20 cm (dos laterales y una en la parte superior) cubiertas con tela de organza (Figura 3). Los picudos utilizados en este estudio se colectaron en plantaciones de agave espadín, en el Municipio de Huitzucó de Los Figueroa, Guerrero. Para cada día de estudio de este experimento, se colocó una penca de agave espadín (aproximadamente 100 g) en el centro de dicha jaula, posteriormente en un extremo de la jaula se liberó una pareja de picudos (hembra y macho), esta pareja se mantuvo en observación hasta que alguno de los dos (hembra o macho) llegó hasta la penca de agave, el insecto que llegó primero a la penca (pionero) se separó para posteriormente determinar su sexo. Este procedimiento se repitió 50 veces, cada pareja de picudos se usó una sola vez. El

experimentó se desarrolló durante 12 días entre junio y julio de 2012, en horario de 10:00 a 16:00 horas.

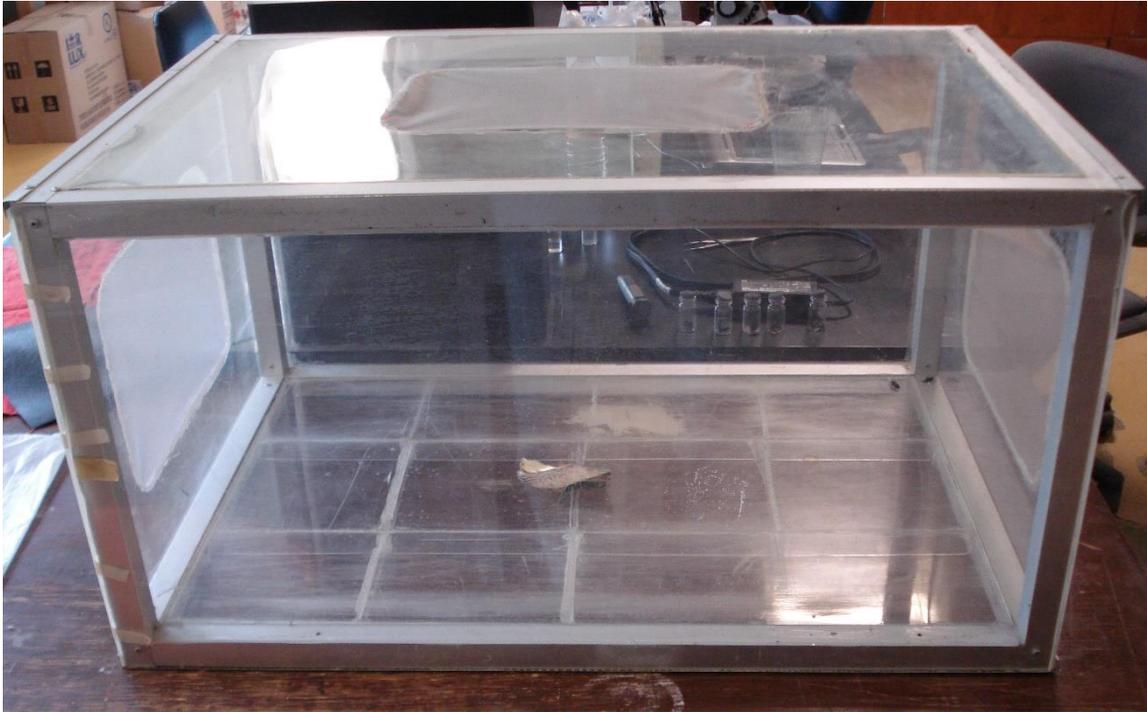


Figura 3. Jaula de acrílico usada en el experimento para determinar el sexo pionero del picudo del agave, en laboratorio.

El experimento 6 se desarrolló en un terreno sin cultivo, predio El Amatito. Este trabajo consistió de la técnica de captura, liberación y recaptura, para lo cual los picudos se colectaron en plantaciones de agave espadín en el municipio de Huitzuc de Los Figueroa, Guerrero. En el sitio experimental se liberaron 120 picudos (60 hembras y 60 machos) previamente marcados en élitros y pronoto con esmalte para uñas de color gris, estos picudos se liberaron dentro del terreno, la liberación se realizó a 100 m del centro del predio, hacia los cuatro puntos cardinales (30 picudos por punto). Posteriormente, en el mismo día de la liberación de los picudos se colocaron tres trampas con orificios circulares y conos internos (Figura 4, la cual se

describe posteriormente en el capítulo 2 de esta tesis), cebadas con feromona de agregación sintética (Tequilur) y 100 g de tejido fresco de agave (sin insecticida), distanciadas a 100 m entre sí, de tal forma que el patrón de distribución espacial de dichas trampas fue en forma de triángulo. Se realizaron revisiones de trampas cada 30 min (de 10:00 a 19:00 h), durante 3 días (del 26 al 28 de julio 2012), en cada revisión se colectaron los picudos capturados en cada trampa.

En todos los experimentos, se consideraba como el individuo pionero, cuando solo un picudo se encontraba por planta, piña, penca o trampa (según el experimento), ya que cuando se encontraron dos o más individuos resultaba imposible saber cuál llegó primero. Los picudos colectados en cada uno de los experimentos se llevaron al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, donde determinó su sexo con ayuda de un microscopio estereoscópico, en base a la forma del último segmento abdominal, de acuerdo con lo señalado por Ramírez-Choza (1993). Las hembras del picudo se abrieron para determinar si contenían huevos en su interior (grávidas).

1.2.3 Análisis estadístico

A los datos de cada uno de los experimentos se les aplicó una prueba de Chi-cuadrada con el programa *Statistical Analysis System* (SAS, versión 9.0) para determinar si existían diferencias significativas entre el número de picudos hembras y machos que arribaron primero y en forma individual, ya sea a las plantas, piñas, penca o trampas (según el experimento).

1.3 Resultados y Discusión

En ninguno de los experimentos se encontraron diferencias significativas entre el número de hembras y machos que arribaron primero (pioneros), ya sea a la planta, piña, penca o trampa (Cuadro 1). Sin embargo, numéricamente, en los experimentos uno (plantas de agave tequilero parcialmente jimadas) y seis (técnica de captura, liberación y recaptura en terreno sin cultivo), la mayoría de los picudos pioneros fueron hembras. En contraste, en los experimentos tres (piñas de agave espadín), cuatro (piñas de agave papalote) y cinco (experimento en jaula en laboratorio), numéricamente la mayoría de los picudos pioneros fueron machos (Cuadro 1).

El hecho de que en ninguno de los experimentos se encontraran diferencias estadísticas significativas entre el número de picudos hembras y machos que arribaron primero (pioneros) a las plantas, piñas, pencas o trampas, indica que en *A. tequilana*, *A. angustifolia* y *A. cupreata*, el proceso de colonización lo pueden iniciar tanto los machos como las hembras grávidas. Lo anterior se confirmó ya que en todos los experimentos, un alto porcentaje de las hembras que arribaron primero (pioneras) a la planta, piña, penca o trampa (según el experimento) presentaron huevos en su interior (grávidas) (Cuadro 1).

Los resultados de la presente investigación permiten señalar dos posibles formas de inicio de la colonización, según el sexo del picudo que las inicia: 1) Los picudos macho buscan y eligen una planta de agave y comienzan a liberar feromona, la cual atrae ambos sexos, posiblemente indicándoles que hay más recursos para colonizar (refugio, comida y/o pareja); 2) Las hembras (principalmente las grávidas) que por alguna razón se encuentran como migrantes comienzan a buscar y

seleccionar una planta de agave para refugiarse, ovipositar y reproducirse. En otras especies de insectos se ha encontrado que solo un sexo es el pionero. Así en los escarabajos *Ips pini* Say e *I. lecontei* Swaine los machos son el sexo pionero. En cambio en los escarabajos *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, *D. brevicornis* LeConte y *D. ponderosae* Hopkins el sexo pionero son las hembras (Svihra 1982, Wood 1982).

Por otro lado, también existen reportes de especies de insectos en los cuales, aunque el macho sea el pionero, las hembras también son capaces de iniciar la colonización, como lo reportan All and Anderson (1972) al observar que en *Ips grandicollis* Eichhoff el macho es el pionero, pero las hembras solitarias también tienen la capacidad de iniciar el ataque de árboles y producir crías. Stock (1981) observó en experimentos de laboratorio que en *Dryocoetes confusus* Swaine las hembras también pueden iniciar el ataque a pesar de que el pionero es principalmente el macho.

En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre el número de hembras y machos capturados en las trampas con feromona. Dichos resultados difieren de los resultados obtenidos para este mismo insecto por Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013), quienes encontraron que un mayor porcentaje de los picudos capturados en trampas fueron hembras. La causa de esta diferencia en resultados no se conoce con exactitud, pero se puede señalar como posible causa, que este trabajo de trampeo se realizó en un terreno sin plantas de agave y los trabajos de los otros autores los realizaron en plantaciones de agaves, en las cuales se pueden presentar altas concentraciones de volátiles de agave, lo

que también puede influir en la respuesta de las hembras a las trampas con altas concentraciones de la feromona sintética. Es probable que los machos se fatiguen sensorialmente con más facilidad que las hembras cuando están en un ambiente con altas concentraciones de volátiles, así al hacer trampeo en plantaciones de agave se capturan bajos porcentajes de machos, posiblemente debido a las altas cantidades de volátiles emitidos por las plantas de agave y/o por los picudos adultos que están infestando las plantas. Sanders (1997) en experimentos en un túnel de viento observó que se afectó el vuelo de palomillas macho al acercarse a la zona de alta concentración de feromona.

Cuadro 1. Resultados de sexo pionero de *S. acupunctatus* en agaves.

Experimento	Picudos pioneros	Hembras (%)	Machos (%)	Hembras grávidas (%)	χ^2	P
1. En plantas de <i>A. tequilana</i>	9	55.56	44.44	80.00	0.111	0.738
2. En piñas de <i>A. tequilana</i>	8	50.00	50.00	100.00	0.000	1.000
3. En piñas de <i>A. angustifolia</i>	31	35.48	64.52	100.00	2.613	0.106
4. En piñas de <i>A. cupreata</i>	20	35.00	65.00	85.72	1.800	0.180
5. En laboratorio	50	44.00	56.00	90.91	0.720	0.396
6. En campo con trampas	13	69.23	30.77	77.78	1.923	0.166

1.4 Conclusiones

La colonización por *S. acupunctatus* en *A. tequilana*, *A. angustifolia* y *A. cupreata*, la pueden iniciar tanto los machos como las hembras. Las hembras del picudo que inician la colonización en las tres especies de agaves estudiadas, son principalmente hembras grávidas.

1.5 Literatura citada

- All, J. N., and R. F. Anderson. 1972. Initial attack and brood production by females of *Ips grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 65: 1293-1296.
- Aquino Bolaños, T., M. A. Iparraguire Cruz, y J. Ruiz Vega. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 7: 175-180.
- Aquino Bolaños, T., E. Pozo Velázquez, U. Álvarez Hernández y J. R. Delgado Gamboa. 2014. Plantas hospedantes del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) en Oaxaca, México. *Southwestern Entomol.* 39: 163-169.
- Barrios Ayala, A., R. Ariza Flores, J. M. Molina Muñoz, H. Espinosa Paz y E. Bravo Mosqueda. 2006. Manejo de la fertilización en magueyes mezcaleros cultivados (*Agave* spp.) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto Técnico No.13. México. 44 p.
- Faccoli, M. G. Anfora, and M. Tasin. 2011. Stone pine volatiles and host selection by *Tomicus destruens* (Wollaston) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae). *Silv lusitana.* 61-73.
- Figuroa-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.
- Foelker, C. J. and R. W. Hofstetter. 2014. Heritability, fecundity, and sexual size dimorphism in four species of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 107: 143-151.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Cuarta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- González Hernández, H., J. F. Solís Aguilar, C. Pacheco Sánchez, F. J. Flores Mendoza, R. Rubio Cortes y J. C. Rojas. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. *En*: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Norris R. F., E. P. Caswell-Chen, and M. Kogan. 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Ed. Prentice Hall. New Jersey. 586 p.
- Pérez S. P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw.) en la Mesa Central de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61 p.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. Bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, Mérida, Yucatán, México. 127 p.
- Rodríguez-Rebollar, H., J. C. Rojas, H. González-Hernández, L. D. Ortega-Arenas, A. Equihua-Martínez, J. I. del Real-Laborde y J. López-Collado. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 28: 73-85.
- Ruiz Corral, J. A, I. J. González Acuña, J. Anguiano Contreras, I. Vizcaino Vargas, J. J. Alcantar Rocillo, H. E. Flores López y J. R. Regalado Ruvalcaba. 2004. Clasificación climática del estado de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 1. Guadalajara, Jalisco, 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.

- Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Stock, A. J. 1981. The western balsam bark beetle, *Dryocoetes confusus* Swaine: secondary attraction and biological notes. M. Sc. Thesis. Biological Science Department. Simon Fraser University. 63 p.
- Svihra, P. 1982. Influence of opposite sex on attraction produced by pioneer sex of four bark beetle species cohabiting pine in the Southern United States. *J. Chem. Ecol.* 8: 373-378.
- Terán-Vargas, A. P., A. Azuara-Domínguez, P. Vega-Aquino, J. Zambrano-Gutiérrez, and C. Blanco-Montero. 2012. Biological effectivity of insecticides to control the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. *Southwestern Entomol.* 37: 47-53.
- Vaurie, P. 1971. Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). *Colleopt. Bull.* 25: 1-8.
- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Brigham Young University Press, Provo. UT.

CAPÍTULO II. FACTORES ASOCIADOS A LA TRAMPA, QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE

Resumen

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es una de las plagas de mayor importancia en agaves silvestres y cultivados en México. En la presente investigación se estudiaron varios factores asociados a la trampa: sistema de retención para picudos capturados, ubicación, densidad y patrón de distribución espacial de trampas, que pueden influir en la eficiencia del sistema de trampeo para el monitoreo de *S. acupunctatus* en agave tequilero. Se encontró que las trampas colocadas sobre el cogollo de la planta y las colocadas a ras de suelo capturaron igual número de picudos. Por otro lado, las trampas colocadas a 200 y 250 m entre sí, capturaron un mayor número de picudos que las colocadas a menores distancias. El patrón de distribución de trampas no tuvo efecto en las capturas de picudo. Las trampas tipo TOCCIA con agua jabonosa fueron igual de eficientes para la captura de este picudo que las trampas tipo TOCCI con el insecticida malatión. De acuerdo con los resultados, para el monitoreo de este picudo en plantaciones de agave tequilero, se sugiere usar estas trampas con feromona de agregación sintética colocadas a ras de suelo, a densidades de una trampa por cada 6 ha, acomodadas ya sea en marco real o tres bolillo y para retener los picudos capturados en las trampas, el agente estará en función del diseño de trampa a usar, así para las trampas TOCCI se sugiere usar insecticida malatión y en caso de las trampas TOCCIA se recomienda usar agua jabonosa.

Palabras clave: picudo del agave, monitoreo, trampas con feromona, densidad, ubicación, distribución y sistema de retención.

FACTORS ASSOCIATED TO THE TRAP THAT AFFECT EFFICIENCY OF THE TRAPPING SYSTEM FOR MONITORING THE AGAVE WEEVIL

Abstract

The agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), is one of the most important pests of wild and cultivated agaves in Mexico. In this research some factors associated to the trap such as the retention system for trapped weevils, location, density and pattern distribution of traps that can affect the efficiency of the trapping system for monitoring *S. acupunctatus* on blue agave plantations were studied. We found that traps placed on top of the crown of the agave plants captured the same number of weevils that traps placed at ground level. Traps placed at 200 and 250 m between them, captured more weevils than traps placed at lower distances; the distribution pattern did not have effect on the catches of agave weevils. The TOCCIA traps with soapy water were as efficient for trapping the agave weevil as TOCCI traps with *malathion* insecticide. According to the results, for monitoring the agave weevil it is suggested to use this synthetic aggregation pheromone-baited traps placed a ground level, at densities up to one trap for each 6 ha of blue agave crop, distributed in a square or a triangle, and the retention system for the trapped weevils depends on the trap design: thereby for TOCCI traps it is suggested to use *malathion* insecticide and for TOCCIA traps it is suggested to use soapy water.

Key words: agave weevil, monitoring, pheromone-baited traps, location, density, pattern distribution and retention system.

2.1 Introducción

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), afecta un gran número de especies de agaves silvestres y cultivadas en varios países (Vaurie 1971, Waring and Smith 1986), es considerado como una de las plagas de mayor importancia en agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul) en el estado de Jalisco (Solís-Aguilar et al. 2001), en maguey mezcalero espadín (*Agave angustifolia* Haw) en Oaxaca y Guerrero (Barrios et al. 2006, Aquino et al. 2007), en maguey mezcalero papalote (*Agave cupreata* Trel & Berger) en Guerrero (Barrios et al. 2006), en henequén (*Agave fourcroydes* Lem) en Yucatán (Ramírez-Choza 1993) y en nardo (*Polianthes tuberosa* L.) en Morelos (Camino et al. 2002).

Esta plaga causa daños directos e indirectos en agaves, los daños directos son provocados principalmente por las larvas, las cuales se alimentan de la piña de agave, barrenando y haciendo galerías; el adulto también se alimenta de agave, pero su daño es considerado de poca importancia (González et al. 2007). Los daños por alimentación en piñas de agave tequilero (*A. tequilana* weber var. Azul) son de aproximadamente un 24.5% del volumen total de la piña (Solís-Aguilar et al. 2001), y en maguey espadín (*A. angustifolia* Haw) son de un 10.26% (Aquino et al. 2007). Figueroa-Castro et al. (2013) encontraron en plantas de agave tequilero con síntomas de pudrición de cogollo, daños directos de aproximadamente un 70% del volumen total de la piña de agave. Los daños indirectos son causados debido a que las galerías hechas por las larvas, así como las heridas provocadas por los adultos ya sea por alimentación u oviposición, pueden servir de entrada para organismos

fitopatógenos (Waring and Smith 1986, González et al. 2007) y también es probable que este picudo sea transmisor (por contaminación) de algunos organismos fitopatógenos (Waring and Smith 1986, Aquino et al. 2011).

Como parte de la búsqueda de nuevas alternativas para el manejo del picudo del agave, se han realizado varios estudios sobre su ecología química enfocados a desarrollar un sistema para su monitoreo. Por ejemplo, Ruiz-Montiel et al. (2003) encontraron que los machos de *S. acupunctatus* producen una feromona de agregación que atrae a ambos sexos; posteriormente Ruiz-Montiel et al. (2008) identificaron los principales componentes de la feromona y encontraron que la cetona 2-metil-4-octanona es su principal componente; posteriormente Rodríguez-Rebollar et al. (2012) encontraron que para el trampeo de este picudo es suficiente solo con el compuesto mayoritario de la feromona. Rojas et al. (2006) sugieren que el tejido de agave puede sinergizar la respuesta del picudo a la feromona de agregación sintética. Figueroa-Castro et al. (2013), estudiaron la dinámica poblacional de *S. acupunctatus* en plantaciones de agave tequilero, mediante trampas con feromona de agregación sintética en combinación con tejido fresco de agave impregnado con insecticida; ellos encontraron una correlación positiva entre la población de picudo en plantas y el número de picudos capturados en trampas y señalaron que estas trampas con feromona se podrían usar para el monitoreo del picudo.

A pesar de todos los avances antes mencionados, aún es necesario estudiar y optimizar algunos factores relacionados con la eficiencia del sistema de monitoreo de esta plaga. Debido a lo anterior, en el presente trabajo se estudiaron la ubicación,

densidad y patrón de distribución de trampas, así mismo se probaron dos sistemas de retención en la trampa para los picudos capturados.

2.2 Materiales y Métodos

2.2.1 Sitios experimentales

Todos los experimentos densidad y patrón de distribución de trampas, y el experimento de la evaluación del sistema de retención para picudos capturados, se realizaron en una plantación comercial 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. El experimento de ubicación de trampas, se realizó en una plantación comercial de agave tequilero (*A. tequilana* Weber var. Azul), de 6 años de edad, en el predio “El Casco” (20° 46” N, 103° 57” W, a 1444 msnm), en Ahualulco de Mercado, Jalisco.

Ahualulco de Mercado tiene una precipitación pluvial anual promedio de 871.4 mm, la temporada de lluvias normalmente ocurre de junio a septiembre; la temperatura media anual es de 20.6 °C, junio es el mes más caliente y enero el más frío (Ruiz et al. 2004).

2.2.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas

Descripción de trampas. En todos los experimentos se utilizaron trampas tipo cubeta con orificios circulares y conos internos (TOCCI) (Figura 4), las cuales consistieron en una cubeta de plástico de 4L de capacidad, de color blanco, a la cual se le realizaron cuatro orificios circulares (4.0 cm de diámetro) con separación equidistante entre ellos, estos orificios se hicieron a 1 cm de la base de la trampa. En

cada orificio (por la parte interna de la trampa) se colocó un “cono truncado” de plástico, transparente (3.5 cm de longitud, con 4.0 y 3.0 cm de diámetro de entrada y salida). Estos conos se colocaron para permitir la entrada de los picudos y dificultar su salida, con la finalidad de evitar que picudos intoxicados con el insecticida pudieran salir de la trampa.

Preparación y mantenimiento de las trampas con feromona. En cada trampa se colocó un liberador de feromona de agregación sintética (Tequilur); cada liberador contenía 350 mg de 2-metil-4-octanona (FeroComps, D. F. México), dicho liberador se colgó dentro de la trampa con un gancho de alambre sujeto al centro de la tapa de la trampa; también se agregaron 200 g de tejido fresco de agave “base de pencas”, este agave para el caso de los experimentos de ubicación y densidad de trampas se colocó en una bolsa de polipapel con 40 perforaciones circulares (5 mm de diámetro) y en el caso de los experimentos de sistema de retención y patrón de distribución de trampas se colocó en un bote de plástico (500 mL de capacidad), transparente con ocho orificios circulares (1 cm de diámetro). La bolsa o bote con el tejido de agave se colocó dentro de la cubeta y se le aplicó insecticida malatión (Malathion 1000[®], Agricultura Nacional de Jalisco, S. A. de C. V.) 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 (en el experimento de ubicación de trampas, la ubicación dependió del tratamiento), dentro de la línea de plantación. En los experimentos de ubicación de trampas, el liberador de feromona se reemplazó por otro nuevo mensualmente y el tejido de agave con insecticida se cambió cada 15

días. En todos los demás experimentos el liberador se cambió cada 42 días y el tejido de agave cada 21 días.



Figura 4. Trampa con orificios circulares y conos internos (TOCCI), usada para la captura del picudo del agave.

2.2.3 Descripción del experimento de ubicación de trampas

Para determinar si la ubicación de la trampa tiene efecto en la captura del picudo del agave, se realizó un experimento donde se evaluaron los siguientes dos tratamientos: 1) trampa colocada a ras de suelo, junto a una planta de agave (Figura 5A) y 2) trampa colocada sobre el cogollo de una planta de agave, en donde previo a

colocar la trampa se cortaron hojas del cogollo para acomodarla (Figura 5B). Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. La distancia entre trampas fue de 100 m. Este estudio tuvo una duración de cinco semanas (del 23 de octubre al 28 noviembre de 2011).

Se realizaron cinco evaluaciones semanales para colecta de picudos capturados en las trampas y los individuos colectados en las trampas se llevaron al laboratorio de Casa Sauza “Rancho El Indio”, donde se contaron y se determinó el sexo con ayuda de un microscopio estereoscópico, para observar la forma del último segmento abdominal en vista ventral, de acuerdo con lo señalado por Ramírez-Choza (1993).



Figura 5. Trampa “TOCCI”, colocada a ras de suelo (A) y sobre cogollo de planta de agave (B), para la captura del picudo del agave.

2.2.4 Descripción de los experimentos de densidad de trampas

En el caso de densidad de trampas, se realizaron tres experimentos (de septiembre 2012 a enero 2013). En el primer experimento se evaluaron cuatro distancias entre trampas (40, 50, 75 y 100 m), con cinco repeticiones y se realizaron tres evaluaciones semanales. En el segundo experimento se evaluaron tres distancias entre trampas (100, 150 y 200 m), con ocho repeticiones y se realizaron cuatro evaluaciones quincenales. En el tercer experimento se evaluaron dos distancias entre trampas (200 y 250 m), con cuatro repeticiones y se efectuaron dos evaluaciones quincenales. Todos los experimentos se realizaron bajo un diseño experimental completamente al azar.

En las evaluaciones se colectaron los picudos capturados en las trampas y posteriormente en el laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, se registró el número y sexo de los picudos capturados por trampa. La determinación del sexo de los picudos se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico y de acuerdo con la descripción de Ramírez-Choza (1993).

2.2.5 Descripción del experimento de patrón de distribución de trampas

Para determinar si el acomodo o la distribución espacial de las trampas en el predio tiene efecto en las capturas del picudo del agave, se realizó un experimento (del 13 de junio al 25 de julio de 2013) en el cual se evaluaron cuatro tratamientos: 1) trampas cada 100 m, trampas acomodadas en una disposición triangular; 2) trampas cada 100 m, acomodadas en cuadro, 3) trampas cada 200 m, acomodadas en triángulo y 4) trampas cada 200 m, acomodadas en una disposición cuadrangular. El

experimento se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial. Cabe señalar que por cuestiones de disponibilidad de espacio cada uno de los tratamientos uno y dos constaron de 12 trampas (Figura 6). En cambio, los tratamientos tres y cuatro que fueron los que requerían mayor espacio, constaron de 6 trampas cada uno (Figura 6). Se realizaron dos evaluaciones cada 21 días. La variable de respuesta fue el número promedio de picudos capturados por trampa, adicionalmente se registró la proporción sexual de los picudos capturados.

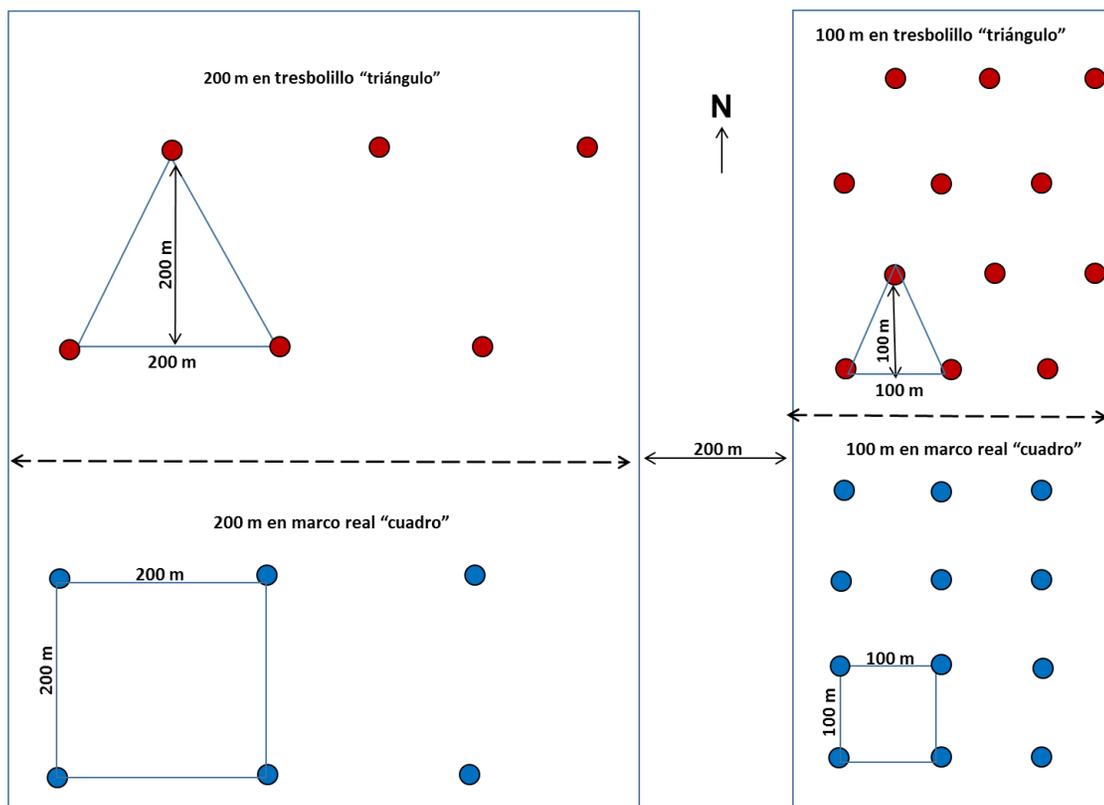


Figura 6. Acomodo de trampas en campo del experimento de patrón de distribución de trampas, con dos patrones de distribución y dos distancias entre trampas.

2.2.6 Descripción del experimento del sistema de retención

Con la finalidad de buscar una alternativa al uso del insecticida malatión para retener los picudos capturados en la trampa, se realizó un experimento (del 16 de agosto al 26 de septiembre de 2013), donde se evaluaron dos tratamientos: 1) Trampa con insecticida (malatión en dosis de 10 mL por litro de agua), con aplicación de 50 mL de la mezcla por trampa; 2) Trampa con agua jabonosa, para lo cual se usó detergente líquido Axxion[®] (Colgate-Palmolive, México, D.F.), en dosis de 10 mL por litro de agua y se agregó 1 L de la mezcla por trampa. Para el tratamiento uno se utilizó la trampa TOCCI (Figura 4), mientras que para el tratamiento dos se usó la trampa TOCCIA (Figura 7A), casi idéntica a la trampa TOCCI, la única diferencia fue que en este caso los orificios con los conos se ubicaron a 7 cm de la base de la cubeta a fin de permitir agregar el agua jabonosa sin que se derramara (Figura 7B) y el bote con tejido de agave se colgó del centro de la tapa de la trampa para evitar su contacto con el agua jabonosa (Figura 7C).

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con 14 repeticiones (trampas) por tratamiento, todas las trampas se colocaron a ras de suelo, junto a plantas de agave y la distancia entre trampas fue de 100 m. Se realizaron dos evaluaciones cada 21 días. La variable de respuesta fue el número promedio de picudos capturados por trampa en cada uno de los tratamientos y también se registró la proporción sexual de los picudos capturados.

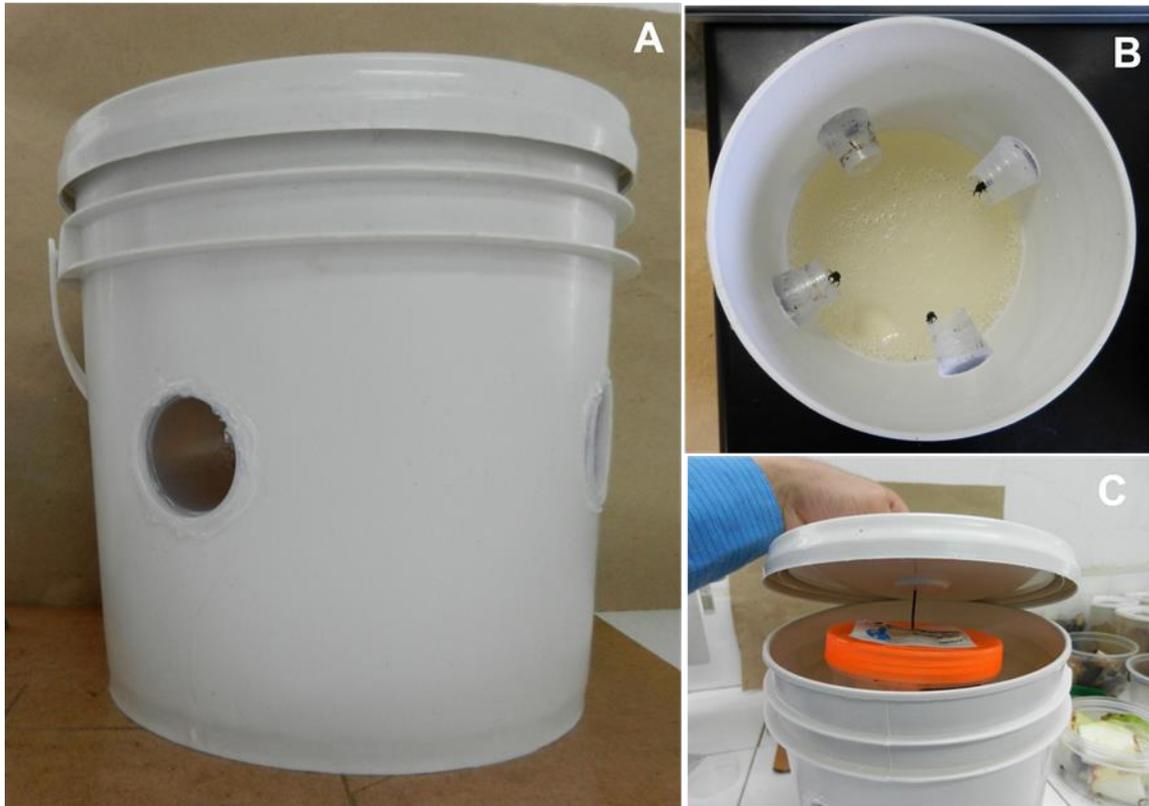


Figura 7. Trampa “TOCCIA” usada para la captura del picudo del agave en la cual se usó agua jabonosa para retener los picudos (A), vista superior de trampa con agua (B) y forma de colocar el bote con tejido de agave para evitar su contacto con el agua (C).

2.2.7 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistical Analysis System* (SAS, versión 9.0). A los datos de todos los experimentos se les realizó un análisis de varianza con el procedimiento *proc glm*, previo a dicho análisis se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Cuando alguno de estos

supuestos no se cumplió, los datos se transformaron. Para detectar diferencias entre tratamientos se aplicó la prueba de medias Tukey 0.05. A los resultados de todos los experimentos se les aplicó la prueba de Chi-cuadrada para determinar si existían diferencias significativas entre el número de picudos hembras y machos capturados en las trampas.

2.3 Resultados y Discusión

2.3.1 Ubicación de trampas

En cuanto a ubicación de la trampa, no se detectaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las cinco evaluaciones realizadas entre el número promedio de picudos capturados en las trampas colocadas a ras de suelo y las colocadas sobre el cogollo de la planta de agave (Cuadro 2). Estos resultados difieren de los obtenidos por Rodríguez-Rebollar (2011) quien evaluó el efecto de la altura de la trampa para la captura de este mismo picudo y encontró que las trampas colocadas sobre el cogollo de la planta de agave capturaron más picudos que las colocadas a ras de suelo. Esta diferencia en resultados se puede deber a que en la presente investigación se usó un diseño de trampa diferente al utilizado por Rodríguez-Rebollar (2011). Sin embargo, los resultados de la presente investigación coinciden con los obtenidos por Giblin-Davis et al. (1996), quienes encontraron que la altura de la trampa con feromona no afectó la captura del picudo rayado *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier).

En contraste, existen especies de picudos en las cuales se reporta que la ubicación de la trampa tiene efecto en el número de picudos capturados, así, Oehlschlager et al. (1993) en el caso del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L., encontraron que las trampas colocadas en el suelo capturaron más picudos que las colocadas a alturas de 1.7 y 3.1 m. Sansano et al. (2008) en el picudo rojo de la palmera *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, encontraron que las trampas enterradas capturaron un mayor número de picudos que las colocadas en partes aéreas a 1.5 m de altura.

En lo que respecta a proporción sexual de este experimento, se encontró que las trampas con feromona de agregación sintética capturaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 = 4476.39$, $P < 0.001$) (Cuadro 2), ya que el 89.08% del total de picudos capturados fueron hembras. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ruiz-Montiel et al. (2008), García-Coapio (2009), Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013), quienes también realizaron estudios de trampeo de este mismo picudo en plantaciones de agave tequilero y encontraron que las trampas con feromona de agregación sintética capturaron significativamente una mayor cantidad de hembras que machos.

2.3.2 Densidad de trampas

Los resultados del primer experimento (distancias evaluadas: 40, 50, 75 y 100 m) (Figura 8A) muestran que el número de picudos capturados en trampas fue significativamente afectado ($F = 7.30$; $df = 3, 16$; $P = 0.0003$) por los tratamientos, así las trampas colocadas a 100 y 75 entre sí, capturaron significativamente más picudos que las trampas colocadas a 40 y 50 m. Numéricamente, las trampas

colocadas a 100 m capturaron más picudos que las trampas colocadas a 75 m, pero no se encontraron diferencias estadísticas entre estas dos distancias.

Adicionalmente, se encontró que las trampas capturaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 = 175.78$, $P < 0.0001$), ya que en promedio el 81.39% de los picudos capturados fueron hembras (Cuadro 3).

Cuadro 2. Número promedio de picudos por trampa y porcentaje de hembras y machos, capturados en trampas en el experimento de ubicación de trampas.

Evaluación	Ubicación de trampa	Picudos/trampa	Error estándar	(%)	
				Hembras	Machos
1	A ras de suelo	286.25	32.93	87.95	12.05
	Sobre cogollo	290.00	49.07	91.47	8.53
2	A ras de suelo	338.25	39.84	90.24	9.76
	Sobre cogollo	350.00	57.32	89.79	10.21
3	A ras de suelo	88.75	7.56	87.89	12.11
	Sobre cogollo	85.25	8.29	90.03	9.97
4	A ras de suelo	144.75	24.23	84.46	15.54
	Sobre cogollo	161.50	39.02	87.15	12.85
5	A ras de suelo	45.25	7.47	87.85	12.15
	Sobre cogollo	41.75	14.78	90.42	9.58
Promedio	A ras de suelo	180.65	22.41	87.678	12.322
	Sobre cogollo	185.70	33.70	89.772	10.228

No se incluyen letras de diferenciación de medias debido a que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, 0.05), los valores de P fueron: 0.952, 0.872, 0.766, 0.728, 0.840, en las evaluaciones 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

Los resultados del segundo experimento (distancias evaluadas: 100, 150 y 200 m) (Figura 8B) muestran que las capturas de picudo en trampas fueron significativamente afectadas por la distancia entre trampas ($F = 12.64$; $df = 2, 21$; $P < 0.0001$), donde las trampas colocadas a 150 m capturaron menos picudos que las trampas colocadas a 100 y 200 m. A pesar de que las trampas colocadas a 200 m

capturaron numéricamente un mayor número de picudos que las trampas colocadas a 100 m, no se detectaron diferencias estadísticas entre ambas distancias. También, se encontró que las trampas con feromona de este experimento capturaron significativamente ($\chi^2 = 742.59$, $P < 0.0001$) más hembras que machos, ya que en promedio el 79.24% de los picudos capturados fueron hembras (Cuadro 3).

De acuerdo con los resultados del tercer experimento con distancias evaluadas de 200 y 250 m (Figura 8C), las trampas colocadas a 250 m entre sí, capturaron numéricamente un mayor número de picudos que las trampas colocadas a 200 m, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F = 0.84$; $df = 1, 6$; $P = 0.374$). Adicionalmente, se encontró que las trampas con feromona, en este experimento capturaron significativamente ($\chi^2 = 32.52$, $P < 0.0001$) más hembras que machos, ya que en promedio el 72.90% de los picudos capturados fueron hembras (Cuadro 3).

Al revisar los datos de los tres experimentos de densidad de trampas, se aprecia que en general, en cada experimento las trampas colocadas a las mayores distancias entre sí capturaron más picudos, ya sea estadísticamente o al menos numéricamente. El hecho de que las trampas colocadas a mayores distancias capturen un mayor número de picudos, puede indicar que las trampas cebadas con feromona de agregación sintética colocadas a distancias menores pueden causar un efecto de interferencia. Los resultados de la presente investigación son similares a los obtenidos por Rodríguez-Rebollar (2011), quien evaluó diversas distancias (5, 10, 20, 50 y 100 m) entre trampas con feromona para la captura de este mismo picudo en agave tequilero y encontró que las trampas colocadas a la mayor distancia (100

m) capturaron un mayor número de picudos que las trampas colocadas a distancias menores y también señaló la posibilidad de que cuando las trampas se colocan muy cerca entre sí, puede haber efecto de interferencia. Tinzaara et al. (2005), encontraron que al aumentar la densidad de trampas con feromona para la captura del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) tuvieron decrementos en la eficacia de las trampas con una menor cantidad de picudos capturados. Bacca et al. (2006) experimentaron con *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) y encontraron interferencia en las trampas colocadas a distancias menores a 10 m.

La interferencia de trampas, en el caso del picudo del agave la podríamos interpretar como una “competencia entre trampas” es decir, las trampas compiten entre sí por capturar los picudos migrantes (los que se encuentran fuera de las plantas de agave), cuando las trampas se colocan a menores distancias entre sí, implica un mayor número de trampas por superficie y por ende una mayor competencia entre estas trampas por atraer los picudos hacia ellas.

Tomando en cuenta los resultados de la presente investigación, desde el punto de vista práctico y económico, se puede apreciar que en el experimento uno, las mayores capturas de picudo fueron cuando las trampas se colocaron a 100 m entre sí, en el experimento dos fue cuando se colocaron a 200 m y el experimento tres cuando las trampas se colocaron a 250 m entre sí. Ante esto, lo más conveniente es utilizar estas trampas colocadas a 250 m entre sí. Esto significa que las trampas cebadas con feromona de agregación sintética y tejido de agave para monitorear el picudo del agave pueden ser usadas a densidades de 1 trampa por cada 6 ha de cultivo de agave tequilero.

Cuadro 3. Porcentaje de picudos hembras y machos, capturados en trampas, en los experimentos de densidad de trampas.

Experimento	Distancia entre trampas	($\%$)		χ^2	Pr> χ^2
		Hembras	Machos		
1	40 m	87.50	12.50		
	50 m	80.61	19.39		
	75 m	76.23	23.77		
	100 m	83.71	16.29		
	Promedio del experimento	81.39	18.61	175.78	< 0.0001
2	100 m	78.55	21.45		
	150 m	76.11	23.89		
	200 m	81.44	18.56		
	Promedio del experimento	79.24	20.76	742.59	< 0.0001
3	200 m	69.35	30.65		
	250 m	75.27	24.73		
	Promedio del experimento	72.90	27.10	32.52	< 0.0001

La mayoría de trabajos de densidad de trampas se han orientado para el trampeo masivo y existen muy pocos estudios de densidad de trampas para el monitoreo de plagas. Bacca et al. (2008), encontraron que para el monitoreo de *L. coffeella* es adecuado usar una trampa con feromona por cada 3.5-4 ha. Para el monitoreo del picudo del algodono en el “Manual operativo de la campaña contra plagas reglamentadas del algodono” se sugiere usar 1 trampa por cada 20 ha de cultivo en zonas libres y una trampa por cada 2 ha de cultivo en zonas bajo control fitosanitario (SENASICA, 2013). Sin embargo, para otros insectos se sugieren densidades de trampas más altas por superficie; así Cortazar y Carrillo y (1999) para el monitoreo del picudo del cocotero, *Rhynchophorus palmarum* L. recomiendan una

trampa por cada 2 ha de cultivo de cocotero. Thwaite and Madsen (1983) encontraron que para el monitoreo de la palomilla del manzano *Cydia pomonella* L., es suficiente con una trampa por hectárea de cultivo.

El hecho de que en todos los experimentos de distancia entre trampas, se capturó un mayor número de hembras que machos (Cuadro 3), puede deberse a que los machos se fatiguen sensorialmente más rápido que las hembras y por ello se tengan menores capturas de machos. Estos resultados coinciden con los reportados por Ruiz-Montiel et al. (2008), García-Coapio (2009), Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013), quienes también realizaron estudios de trampeo de este mismo picudo en plantaciones comerciales de agave tequilero y encontraron que las trampas con feromona de agregación sintética capturaron significativamente una mayor cantidad de hembras que machos.

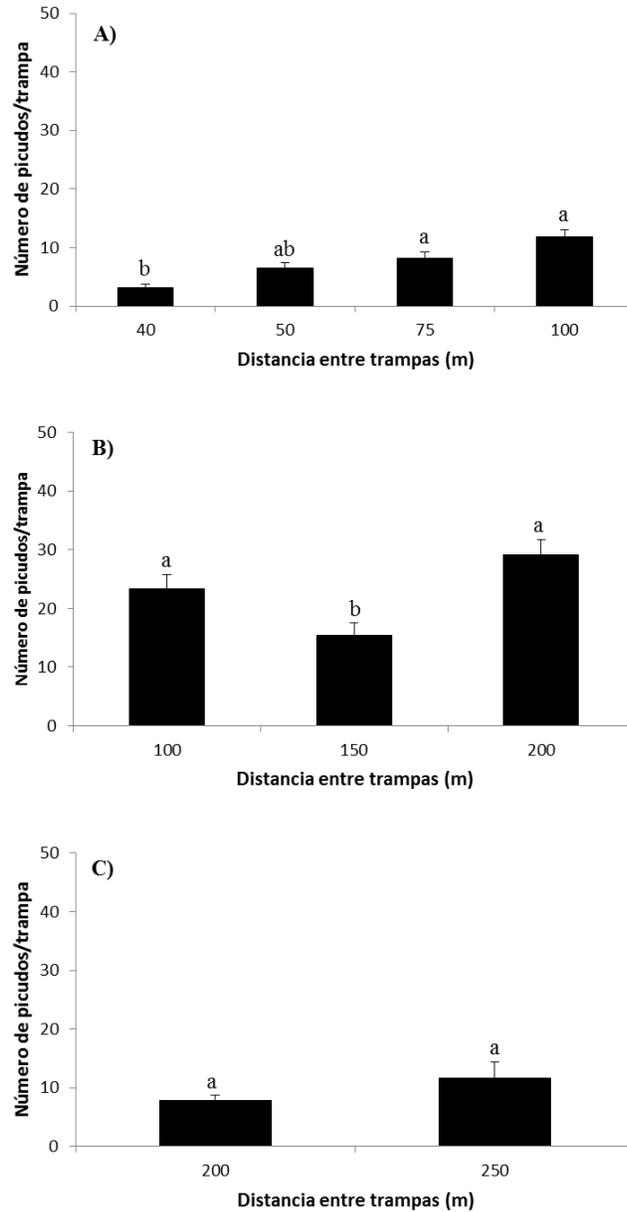


Figura 8. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa en los experimentos de densidad de trampas: A) 40, 50, 75 y 100 m; B) 100, 150 y 200 m; C) 200 y 250 m. No se puede hacer comparación entre experimentos, debido a que se realizaron en diferentes fechas. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

2.3.3 Patrón de distribución espacial de trampas

Los resultados muestran que las capturas de picudo en trampas fueron significativamente afectadas por los tratamientos ($F = 5.67$; $df = 3, 32$; $P = 0.0031$). Al ver por separado los efectos de la distancia entre trampas, el patrón de distribución de trampas y el efecto de la interacción entre distancia y patrón de distribución, se encontró que la distancia entre trampas influyó significativamente en el número de picudos capturados ($F = 14.61$; $df = 1, 32$; $P = 0.0006$). En cambio el patrón de distribución de las trampas no influyó en el número de picudos capturados por trampa ($F = 2.39$; $df = 1, 32$; $P = 0.132$). Tampoco se encontró efecto de interacción entre distancia y patrón de distribución ($F = 0.23$; $df = 1, 32$; $P = 0.632$). Debido a todo lo anterior se asume que lo único que afectó la captura de picudo en forma significativa fue la distancia entre trampas y que el patrón de distribución de trampas no es factor de variación en la captura de este picudo. Las mayores capturas de picudo se obtuvieron cuando las trampas se colocaron a 200 m indistintamente del patrón de distribución espacial (Figura 9).

En base a los resultados de estos experimentos queda claro que el patrón de distribución de las trampas en campo no es un factor importante para la captura de este picudo y que tampoco existe efecto de interacción entre el patrón de distribución y la distancia entre trampas. McMahon et al. (2010), estudiaron el efecto de concentraciones de ipsdienol, la distancia entre trampas y del patrón de distribución de las trampas, para la captura de *Ips pini* (Say) y encontraron que en trampas cebadas con 20 mg de ipsdienol, el acomodo de trampas no tuvo efecto en las capturas y tampoco encontraron efecto de interacción entre distancia y el patrón de

distribución. En contraste, McNally and Barnes (1981), si encontraron efecto del acomodo de trampas, cuando trabajaron con la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* (L.) y encontraron que las trampas colocadas en forma paralela a la dirección del viento (dirección predominante por la tarde) capturaron más palomillas que las trampas colocadas en forma perpendicular con relación a la dirección del viento.

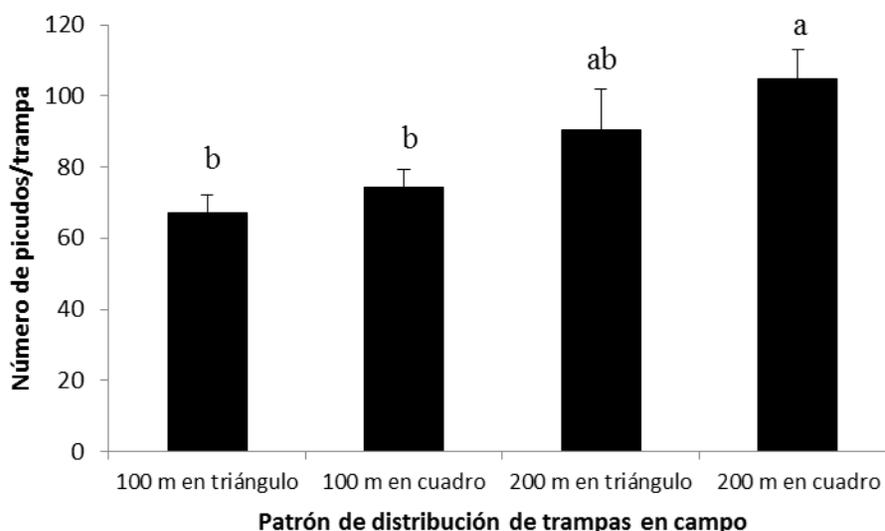


Figura 9. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función del patrón de distribución de trampas en campo. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

Al igual que en todos los demás experimentos anteriores de este capítulo, en este experimento las trampas capturaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 = 1142.29$, $P < 0.0001$), ya que de los picudos capturados el 81.56% en promedio fueron hembras. Este hecho de mayores capturas de hembras que machos, ya ha sido reportado y discutido para este mismo picudo en agave tequilero

por Ruiz-Montiel et al. (2008), García-Coapio (2009), Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013).

2.3.4 Sistema de retención de picudos

Se encontró que el tipo de sistema de retención no afectó significativamente las capturas del picudo en trampas (Figura 10). Las trampas donde se aplicó el insecticida malatión, capturaron numéricamente un mayor número de picudos que las trampas donde se usó agua jabonosa para retener los picudos, pero las diferencias entre ambos tratamientos no fueron significativas ($F = 4.14$; $df = 1, 26$; $P = 0.052$). Los resultados de este trabajo coinciden con Edde et al. (2005) quienes trabajaron con *Rhyzopertha dominica* F., evaluaron como agente aniquilante el insecticida *diclorvos* y agua jabonosa al 2% de concentración, y encontraron que el agua jabonosa fue igual de eficaz que el insecticida para retener los insectos capturados. Asimismo, Jackson and Bohac (2006), trabajaron con el picudo del camote *Cylas formicarius* (F.) y encontraron que las trampas con agua jabonosa fueron igual de efectivas para matar los picudos capturados que las trampas con insecticida *diclorvos*.

Así mismo existen varios reportes de otras especies de insectos plaga, en las cuales el uso de agua con jabón o detergente (agua jabonosa) como agente para retener los insectos capturados (sistema de retención) ha dado muy buenos resultados. Así, Smit et al. (1997), trabajaron con los picudos del camote *Cylas puncticollis* Bohé y *Cylas brunneus*, evaluaron diferentes agentes para retener los picudos dentro de las trampas con feromona como detergente en polvo, detergente

líquido, sal e insecticida *vapona* y encontraron que la solución de agua con detergente en polvo (1g/L de agua) obtuvo las mayores capturas de ambos picudos. Con la solución de detergente líquido (1mL/L de agua) también obtuvieron resultados mejores que en los tratamientos donde se usó insecticida *vapona* o sal. De Groot and Nott (2003), para la captura de algunas especies de Cerambycidae y Buprestidae, encontraron que las trampas húmedas (con agua jabonosa) fueron más efectivas para retener a los insectos capturados que las trampas secas con y sin insecticida. En el caso de *S. acupunctatus* en el cultivo de nardo, ya existen dos reportes donde se usaron trampas con feromona, en las cuales se usó agua jabonosa al 3% para retener los picudos capturados (López-Martínez et al. 2011; García-Ramírez et al. 2014).

Al igual que en todos los demás experimentos de este capítulo, en este experimento las trampas con feromona capturaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 = 245.88$, $P < 0.0001$), un 79.91% de los picudos capturados fueron hembras. Estos resultados también coinciden con Ruiz-Montiel et al. (2008), García-Coapio (2009), Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013), quienes trabajaron con este mismo picudo en agave tequilero y también capturaron una mayor cantidad de hembras que machos.

En el diseño de trampa con el agua jabonosa evaluado no se presentaron problemas por la evaporación del agua, ya que a los 21 días solo se evaporaron aproximadamente 100 mL de agua y los 900 mL de agua restantes fueron suficientes para ahogar los picudos. En este tipo de trampa, tampoco se observaron problemas

de consumo de insectos por depredadores, posiblemente se debe a que por el diseño a éstos les resultó complicado entrar a la trampa.

La única posible desventaja que se observó en las trampas con agua jabonosa, es que los picudos pueden durar hasta 24 h o más vivos, dentro de la trampa; sin embargo, no logran escapar por el diseño de la trampa. El retraso de la muerte de los picudos no es un problema importante ya que las trampas se revisan cada 15 días o más. Smit et al. (1997) también encontraron que los picudos del camote, *Cylas puncticollis* Bohé y *Cylas brunneus* F. pueden permanecer vivos hasta 24 h dentro de trampas con agua jabonosa; sin embargo, también señalan que esto no es una limitante porque las trampas para este picudo tampoco las revisan diariamente.

A pesar de que no se considera muy importante el tiempo que tardan en morir los picudos, esto se podría reducir aumentando la concentración del agua jabonosa, ya que en este estudio se usó una concentración del 1% y en cambio López-Martínez et al (2011) y García-Ramírez et al. 2014, para este mismo picudo, pero con otros diseños de trampa, usaron agua jabonosa con una concentración mayor (3%). Ante esto se sugiere probar otras concentraciones mayores del agua jabonosa.

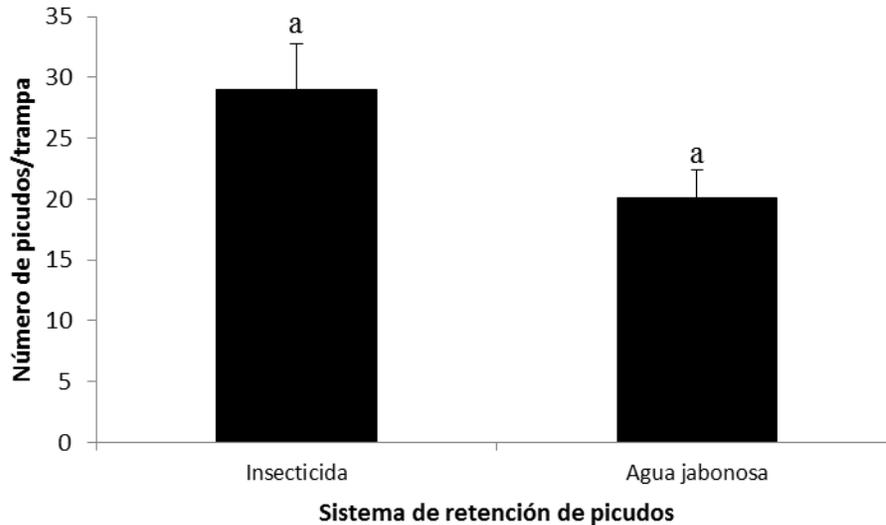


Figura 10. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función del sistema de retención para los picudos capturados. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

2.4 Conclusiones

La altura a la que se coloca la trampa con feromona de agregación sintética en las plantas de agave no tiene efecto en el número de picudos capturados en trampas, por lo cual desde el punto de vista práctico, se recomienda colocar estas trampas con feromona a ras de suelo, junto a plantas de agave, en la línea de plantación o surco.

En cambio, la distancia entre trampas si afectó el número de picudos capturados en las trampas, ya que las trampas colocadas a mayores distancias lograron mayores capturas. De este modo, para el monitoreo de este picudo, se sugiere usar estas trampas a densidades de una trampa por cada 6 ha de cultivo de agave tequilero.

El patrón de distribución espacial de trampas con feromona en campo no tuvo efecto en el número de picudos capturados en trampas, por lo que se sugiere que las trampas se acomoden, ya sea en cuadro o triángulo, según lo que mejor se facilite.

El sistema de retención para los picudos no afectó el número de picudos capturados en trampas, ante esto, para el monitoreo de este picudo se recomienda usar en forma indistinta las trampas TOCCI con insecticida malatión o las trampas TOCCIA con agua jabonosa.

2.5 Literatura citada

Aquino Bolaños, T., M. A. Iparraguirre Cruz, y J. Ruiz Vega. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (=interstitialis) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. Revista UDO Agrícola 7: 175-180.

Aquino Bolaños, T., J. Ruiz, Vega, S. Giron Girón Pablo, R. Pérez Pacheco, S. H. Martínez Tomas, and M. E. Silva Rivera. 2011. Interrelationships of the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal), *Erwinia carotovora* (Dye), entomopathogenic agents and agrochemicals. Afr. J. Biotechnol. 68: 15402-15406.

Bacca, T., E. R. Lima, M. C. Picanco, R. N. C. Guedes, and J. H. M. Viana. 2006. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. Entomol. Exp. Appl. 119: 39-45.

Bacca, T., E. R. Lima, M. C. Picanco, R. N. C. Guedes, and J. H. M. Viana. 2008. Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. J. Appl. Entomol. 132: 430-438.

Barrios Ayala, A., R. Ariza Flores, J. M. Molina Muñoz, H. Espinosa Paz, y E. Bravo Mosqueda. 2006. Manejo de la fertilización en magueyes mezcaleros cultivados

- (*Agave* spp.) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto Técnico No.13. México. 44 p.
- Camino Lavin, M., V. Castrejón Gómez, R. Figueroa Brito, L. Aldana Llanos, and M. E. Valdes Estrada. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, Mexico. Florida Entomol. 85: 392-393.
- 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.
- De Groot, P., and R. W. Nott. 2003. Response of *Monochamus* (Col., Cerambycidae) and some Buprestidae to flight intercept traps. J. Appl. Ent. 127: 548-552.
- Edde, P. A., T. W. Phillips, and M. D. Toews. 2005. Responses of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) to its aggregation pheromones as influenced by trap design, trap height, and habitat. Environ. Entomol. 36:1549-1557.
- 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.
- García-Coapio, G. 2009. Sistema de trampeo con feromona de agregación y volátiles vegetales para el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Fitosanidad-Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 75 p.
- García-Ramírez, M. J., V. López-Martínez, I. Alía-Tejacal, M. Andrade-Rodríguez, and J. C. Rojas. 2014. Influence of trap color and food bait on the catches of *Scyphophorus acupunctatus* by pheromone-baited traps in tuberose crop. J. Kansas Entomol. Soc. 87: 96-101.

- Giblin-Davis, R. M., J. E. Peña, A. C. Oehlschlager, and A. L. Pérez. 1996. Optimization of semiochemical-based trapping of *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Chem. Ecol.* 22:1389-1410.
- González Hernández, H., J. F. Solís Aguilar, C. Pacheco Sánchez, F. J. Flores Mendoza, R. Rubio Cortes, y J. C. Rojas. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. *En:* H. González Hernández, J. I. del Real Laborde y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Jackson, D. M., and J. R. Bohac. 2006. Evaluation of pheromone traps for monitoring sweetpotato weevils. *J. Agric. Urban. Entomol.* 23: 141-158.
- López-Martínez, V., I. Alía-Tejacal, M. Andrade-Rodríguez, M. J. García-Ramírez, and J. C. Rojas. 2011. Daily activity of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) monitored with pheromone-baited traps in a field of Mexican tuberose. *Florida Entomol.* 94: 1091-1093.
- McMahon, M. D., K. F. Raffa, E. V. Nordheim, and B. H. Aukema. 2010. Too close for comfort: effect of trap spacing distance and pattern on statistical inference of behavioral choice test in the field. *Entomol. Exp. Appl.* 136: 66-71.
- McNally, P. S. and M. M. Barnes. 1981. Effects of codling moth pheromone trap placement, orientation and density on trap catches. *Environ. Entomol.* 10: 22-26.
- Oehlschlager, A. C., C. M. Chinchilla, L. M. González, L. F. Jiron, R. Mexzon, and B. Morgan. 1993. Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 86: 1381- 1392.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. Bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, Mérida, Yucatán, México. 127 p.

- Rojas, J., H. González Hernández, C. Ruiz Montiel, D. N. Rangel Reyes, E. I. Ceja, G. García Coapio y I. del Real Laborde. 2006. Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gylh. 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. Pp: 51-58.
- Rodríguez-Rebollar, H. 2011. Trampeo del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae) con feromonas de agregación y volátiles del agave. Tesis de Doctorado en Ciencias. Postgrado en Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 74 p.
- Rodríguez-Rebollar, H., J. C. Rojas, H. González-Hernández, L. D. Ortega-Arenas, A. Equihua-Martínez, J. I. del Real-Laborde y J. López-Collado. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 28: 73-85.
- Ruiz Corral, J. A., I. J. González Acuña, J. Anguiano Contreras, I. Vizcaino Vargas, J. J. Alcantar Rocillo, H. E. Flores López, y J. R. Regalado Ruvalcaba. 2004. Clasificación climática del estado de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 1. Guadalajara, Jalisco, México.
- Ruiz-Montiel, C., H. González-Hernández, J. Leyva, C. Llanderal-Cazares, L. Cruz-López, and J. C. Rojas. 2003. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1126-1131.
- Ruiz-Montiel, C., G. García-Coapio, J. C. Rojas, E. A. Malo, L. Cruz-López, I. del Real, and H. González-Hernández. 2008. Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. *Entomol. Exp. Appl.* 127: 207-217.
- Sansano Javaloyes, M. P., S. Gómez Vives, M. Ferry, y G. Díaz Espejo. 2008. Ensayos de campo para la mejora de la eficiencia de las trampas de captura de

Rhynchophorus ferrugineus, Oliver (Coleoptera: Dryophthoridae), picudo rojo de la palmera. Bol. San. Veg. Plagas 34: 135-145.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2013. Manual operativo de la campaña contra plagas reglamentadas del algodnero. Disponible en línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4742>. Fecha de consulta: 05 de junio de 2014.

Smit, N. E. J. M., M. C. A. Downham, B. Odongo, D. R. Hall, and P. O. Laboke. 1997. Development of pheromone traps for control and monitoring of sweet potato weevils, *Cylas puncticollis* and *C. brunneus*, in Uganda. Entomol. Exp. Appl. 85: 95-104.

Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. Agrociencia 35: 663-670.

Vaurie, P. 1971. Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). Coleopt. Bull. 25: 1-8.

Thwaite, W. G., and H. F. Madsen. 1983. The influence of trap density, trap height, outside traps and trap design on *Cydia pomonella* (L.) captures with sex pheromone traps in New South Wales apple orchards. J. Aust. Ent. Soc. 22: 97-99.

Tinzaara, W., C. S. Gold, G. H. Kagezi, M. Dicke, A. Van Huis, C. M. Nankinga, W. Tushemereirwe, and P. E. Ragama. 2005. Effect of two pheromone trap densities against banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, populations and their impact on plant damage in Uganda. J. Appl. Entomol. 129: 265-271.

Waring, G. L., and R. L. Smith. 1986. Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. Ann. Entomol. Soc. Am. 79: 334-340.

CAPÍTULO III. FACTORES ASOCIADOS AL ATRAYENTE QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO DEL PICUDO DEL AGAVE

Resumen

Actualmente uno de los problemas fitosanitarios de mayor importancia económica en cultivos de agaves es el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae). En la presente investigación se estudiaron algunos factores asociados al atrayente, que pueden influir en la eficiencia del sistema de trapeo para el monitoreo de esta plaga en agave tequilero, de esta forma, se estudió el radio de acción de la feromona de agregación sintética para este picudo, mediante la técnica de captura-marcaje-liberación y recaptura. También se evaluaron diferentes cantidades de atrayente alimenticio (tejido fresco de agave) y tres formas de colocar el atrayente alimenticio en la trampa. Se encontró que el porcentaje de recaptura estuvo negativamente correlacionado con la distancia existente entre los picudos y la trampa. La feromona sintética atrajo a los picudos hasta en un radio de 120 m. El punto cardinal en que se encuentran los picudos respecto a la trampa afectó la recaptura. Las mayores capturas de picudos se obtuvieron en trampas cebadas con feromona más 300 o 400 g de tejido de agave. El colocar el tejido de agave en bolsa o bote de plástico transparente con orificios, incrementó las capturas. En base a los resultados anteriores se sugiere usar estas trampas a densidades de una trampa por cada 6 ha de agave tequilero, cebadas con feromona sintética y 300 o 400 g de agave, colocado en un bote o bolsa de plástico con orificios.

Palabras clave: picudo del agave, monitoreo, trampas con feromona, radio de acción.

**FACTORS ASSOCIATED TO THE ATTRACTANTS THAT AFFECT THE
EFFICIENCY OF THE TRAPPING SYSTEM FOR MONITORING THE AGAVE
WEEVIL**

Abstract

Nowadays one of the most important phytosanitary problems of cultivated agaves in Mexico, is the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae). In this research some factors associated to the attractants that can affect efficiency of the trapping system for monitoring *S. acupunctatus* on blue agave were studied. Thereby, using the capture-mark-release and recapture method, we investigated the attraction radius of a synthetic aggregation pheromone used to capture the Weevil. Also the quantity and way of placing the alimentary bait (fresh agave tissue) in the trap was studied. It was found that the percent of marked weevils recaptured was negatively correlated with the distance between the marked weevils and the pheromone-baited trap. The synthetic aggregation pheromone attracted the agave weevil up to in a radius of 120 m. The cardinal point at which marked weevils were released affected the recapture. The traps baited with pheromone plus 300 or 400 g of fresh agave tissue captured the highest numbers of weevils. Placing the agave tissue in a plastic bag or plastic container with wholes increased the catches of the agave weevil. These results suggest that traps for monitoring *S. acupunctatus* could be used at densities up to 1 trap per 6 hectares of blue agave crop, baited with the synthetic pheromone plus 300 or 400 g of fresh agave tissue placed in a plastic bag or plastic container with wholes.

Key words: agave weevil, monitoring, pheromone-baited traps, attraction radius.

3.1 Introducción

Actualmente el cultivo de agaves en México, es afectado por diversas plagas insectiles, dentro de las cuales destaca por su impacto negativo el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) (Solís-Aguilar et al. 2001, González et al. 2007). El impacto de este picudo se debe a que las larvas y adultos se alimentan del tejido de la planta de agave y se encuentran activos durante todo el año en las plantaciones de agaves (González et al. 2007, Figueroa-Castro et al. 2013). Además, todo su ciclo biológico se lleva a cabo dentro de la planta de agave, lo cual complica su detección, monitoreo y manejo. Los daños por alimentación (daños directos) en piñas de agaves, son del 10 al 25% del volumen de la piña afectada (Solís-Aguilar et al. 2001, Aquino et al. 2007). Sin embargo, en plantas de agave con síntomas de la enfermedad pudrición del cogollo es común encontrar una alta infestación de picudo, y en estos casos los daños directos son de aproximadamente un 70% del volumen total de la piña (Figueroa-Castro et al. 2013).

Además de los daños directos ya antes mencionados, este picudo también provoca daños indirectos, los cuales se deben a que las heridas provocadas por las larvas y adultos, pueden servir de entrada para organismos fitopatógenos (Waring and Smith 1986, González et al. 2007) y también existe la posibilidad de que este picudo sea transmisor (por contaminación) de algunos organismos fitopatógenos que afectan agresivamente a los agaves (Waring and Smith 1986, Aquino et al. 2011).

Como parte de las estrategias encaminadas al manejo integrado de este picudo, surgió el interés en desarrollar un sistema para monitorear con trampas esta plaga, así desde hace ya varios años se realizaron diversos estudios sobre la

ecología química del picudo, los cuales ayudaron al desarrollo de una feromona de agregación sintética (Ruiz-Montiel et al. 2003, Rojas et al. 2006, Ruiz-Montiel et al. 2008, Rodríguez-Rebollar et al. 2012). Posteriormente se estudiaron varios aspectos relacionados con la trampa y con la feromona de agregación sintética y se desarrolló un sistema de trapeo con feromona de agregación y tejido fresco de agave (Bravo-Pérez 2009, García-Coapio 2009, Rodríguez-Rebollar 2011), el cual se probó en plantaciones de agave tequilero y demostró ser útil para el monitoreo de esta plaga (Rodríguez-Rebollar 2011, Figueroa-Castro et al. 2013).

A pesar de estas investigaciones, aún es necesario estudiar algunos factores que también pueden influir en la eficiencia del sistema de trapeo para el monitoreo de esta plaga. Debido a esto, en la presente investigación se estudiaron algunos aspectos asociados a los atrayentes (feromona sintética y tejido de agave), que pueden influir en la eficiencia del sistema de trapeo para el monitoreo de este picudo en agave tequilero, así se estudió el radio de acción de la feromona la feromona de agregación sintética para el trapeo del picudo del agave, mediante la técnica de captura-marcaje-liberación y recaptura. También se evaluaron diferentes cantidades de atrayente alimenticio (el tejido fresco de agave) y tres formas de colocar el atrayente alimenticio dentro de la trampa.

3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Sitios experimentales

En el caso de radio de acción de la feromona de agregación sintética, se realizaron cuatro experimentos, el primero se realizó en una plantación de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul) de 2 años de edad denominada “El

Molino" (20° 43" N, 103° 55" W, a 1314 msnm), ubicada en el municipio de Ahualulco de Mercado, Jalisco. Los otros tres experimentos de radio de acción se establecieron en predios de topografía semi-plana, sin cultivo de agave y libres de maleza al momento de establecer los experimentos, así los experimentos dos y tres se establecieron en el predio "El Amatito" (18° 20" N, 099° 10" W, a 911 msnm) y el cuarto experimento en el predio "El Terrero" (18° 21" N, 099° 10" W, a 953 msnm), ambos predios ubicados en Quetzalapa, municipio de Huitzuc de Los Figueroa, Guerrero.

Todos los experimentos de cantidad de atrayente alimenticio y el experimento de forma de colocar el agave dentro de la trampa, se realizaron en la plantación comercial de agave tequilero "El Molino", arriba descrita.

3.2.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas

En todos los experimentos se utilizaron trampas tipo cubeta, diseño TOCCI (ya descritas en el capítulo anterior, Figura 4).

La preparación de las trampas consistió en colocar un liberador de feromona de agregación sintética Tequilur (FeroComps, D. F. México) y trozos de tejido fresco (recién cortado) de agave, impregnado con insecticida malatión (Malathion 1000[®], Agricultura Nacional de Jalisco, S. A. de C. V.), en dosis de 10 mL por litro de agua y se aplicaron 50 mL de la mezcla por trampa. El liberador de la feromona se reemplazó mensualmente. El tejido de agave generalmente se cambiaba cada 15 días. La cantidad de agave usado como atrayente por trampa varió según los experimentos, de este modo, en todos los experimentos de radio de acción y de forma de colocar el agave dentro de la trampa, se colocaron 200 g y en los

experimentos de cantidad de agave, ésta fue en función del tratamiento. En los experimentos de radio de acción y de cantidad de agave, el tejido de agave se colocó en una bolsa perforada (excepto el experimento tres de cantidades de agave, en el que se usó un bote de plástico con orificios) dentro de la trampa y en el experimento de forma de colocar el agave, el tejido de agave se colocó en función del tratamiento.

3.2.3 Picudos usados en los experimentos de radio de acción

Los picudos adultos usados en el experimento uno se colectaron en Ahualulco, Jalisco, en una plantación cercana al sitio experimental. Los picudos adultos usados en el segundo, tercer y cuarto experimentos se colectaron en el municipio de Huitzuco de Los Figueroa, Guerrero, en plantaciones de *Agave angustifolia* Haw cercanas a los lugares donde se establecieron dichos experimentos. Todos los picudos adultos se colectaron manualmente en plantas de agave, por lo que no fue posible saber la edad de los picudos.

Los picudos se separaron por sexo, usando un microscopio estereoscópico y de acuerdo con Ramírez-Choza (1993). Los picudos se mantuvieron en recipientes de plástico con trozos de tejido de agave durante un día antes de marcarlos y liberarlos. En todos experimentos, los picudos se marcaron con esmalte para uñas en el élitro y pronoto, usando diferentes colores para diferenciar los picudos liberados en cada distancia evaluada. En una prueba preliminar se observó que este tipo de pinturas no afectaron la supervivencia, ni el comportamiento de los picudos. Los picudos marcados se liberaban por la tarde (entre las 15:00 y 18:00 horas).

3.2.4 Descripción de los experimentos de radio de acción

En todos los casos la trampa con feromona se colocó 2 días antes de liberar los picudos, a ras de suelo, en el centro de los predios donde se establecieron los experimentos. En el experimento uno “prueba preliminar” (del 31 de octubre al 25 de noviembre de 2011) donde se usaron 400 picudos, se liberaron 20 picudos (10 machos y 10 hembras) a cinco diferentes distancias de la trampa (20, 40, 60, 80 y 100 m) en los cuatro puntos cardinales. En el segundo experimento (del 21 de enero al 17 de febrero de 2012) donde se utilizaron 280 picudos, se liberaron siete individuos de cada sexo a 20, 40, 60, 80 y 100 m de la trampa, en dirección de los cuatro puntos cardinales. En el tercer experimento (del 04 de febrero al 24 de febrero de 2012) donde se usaron 120 picudos, se liberaron 15 adultos de cada sexo, a 50 m de la trampa en cada uno de los cuatro puntos cardinales. En el cuarto experimento (del 25 de febrero al 19 de marzo de 2012) donde se usaron 160 picudos, se liberaron 10 individuos de cada sexo, a 60 y 120 m de distancia de la trampa, hacia cada punto cardinal. En el experimento uno los picudos capturados en la trampa se recolectaron a los 1, 4, 8 y 20 días después de su liberación (DDL); en el segundo experimento a los 1, 2, 4, 8, 11, 22 y 25 DDL; en el tercer y cuarto experimentos las recolecciones se realizaron a los 1, 2, 4, 8, 11, 15 y 20 DDL.

En todos los casos los picudos recapturados en trampas se colocaron en recipientes de plástico y se llevaron al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo., de México, donde los picudos se revisaron con un microscopio estereoscópico y se registró el número y sexo de los picudos recapturados en cada una de las distancias evaluadas.

3.2.5 Descripción de experimentos de cantidad de agave

Para determinar si la cantidad de agave usado como atrayente colocado en la trampa tiene efecto en el número de picudos capturados, se realizaron tres experimentos.

En el experimento uno (del 18 de enero al 08 de febrero de 2013) se evaluaron cinco tratamientos (con diferentes cantidades de tejido fresco de agave), de tal modo que en las trampas se evaluaron los tratamientos siguientes: 1) feromona sin agave, 2) 200 g de agave sin feromona, 3) feromona y 200 g de agave, 4) feromona y 400 g de agave, y 5) feromona y 600 g de agave. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y solo se realizó una evaluación (revisión de trampas) a los 21 días de establecido el experimento.

En el experimento dos (del 11 de abril al 23 de mayo de 2013) se evaluaron siete tratamientos: 1) feromona sin agave, 2) 200 g de agave sin feromona, 3) feromona y 100 g de agave, 4) feromona y 200 g de agave, 5) feromona y 300 g de agave, 6) feromona y 400 g de agave, y 7) feromona y 500 g de agave. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron dos evaluaciones (revisiones de trampas), las cuales se realizaron cada 21 días.

En el experimento tres (del 25 de julio al 15 de agosto de 2013) se evaluaron seis tratamientos: 1) feromona sin agave, 2) 200 g de agave sin feromona, 3) feromona y 100 g de agave, 4) feromona y 200 g de agave, 5) feromona y 300 g de agave, 6) feromona y 400 g de agave. Los tratamientos se distribuyeron bajo un

diseño experimental completamente al azar con siete repeticiones y solo se realizó una evaluación (revisión de trampas) a los 21 días de establecido el experimento.

En todos los experimentos las trampas se colocaron a ras de suelo, junto a plantas de agave tequilero, en el surco o línea de plantación, la distancia entre trampas fue de 100 m y los tratamientos se aleatorizaron con el programa *Statistical Analysis System* (SAS, versión 9.0). En los tres experimentos los picudos capturados en trampas se llevaron al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde los picudos se revisaron con un microscopio estereoscópico y se registró el número y sexo de los picudos capturados por trampa.

3.2.6 Descripción del experimento de forma de colocar el agave

Al inicio de otros estudios de trampeo de este picudo en agave tequilero, realizados en el 2008, se observó en campo, que el tejido de agave colocado dentro de la trampa se deshidrató antes de 15 días y en base a una recomendación hecha por el M. C. Ramón Rubio Cortés (comunicación personal, 2008) se comenzó a colocar el agave en una bolsa de polipapel y se notó un incremento en las capturas de picudo en trampas, por lo que se procedió a realizar el presente experimento (del 24 de mayo al 14 de junio de 2013) para poder confirmar lo anterior y poder determinar la mejor forma de colocar el tejido de agave dentro de la trampa.

Se evaluaron tres tratamientos respecto a las formas de colocar el tejido de agave en la trampa, estos fueron: 1) 200 g de tejido fresco de agave colocado sin bolsa, 2) 200 g de tejido fresco de agave colocado en bolsa de polipapel con 32 orificios (5 mm de diámetro) circulares y equidistantes y 3) 200 g de tejido fresco de agave colocado en bote de plástico, transparente, con ocho orificios circulares (1 cm

de diámetro) localizados en las paredes laterales del bote, equidistantes. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar, con nueve repeticiones. La distancia entre trampas fue de 100 m, colocadas a ras de suelo. La aleatorización de tratamientos se realizó con el programa SAS. La evaluación se realizó a los 21 días de colocar la trampa y consistió en remover los picudos capturados en trampas. Se registró el número y sexo de los picudos capturados por trampa, la determinación sexual de los picudos se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico en el Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, de acuerdo con el criterio de Ramírez-Choza (1993).

3.2.7 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistical Analysis System* (SAS, versión 9.0). Con los datos obtenidos de picudos capturados del experimento dos de radio de acción, se realizó un análisis de correlación entre la distancia de liberación de picudos y el porcentaje de recaptura, posteriormente los datos se ajustaron a un modelo de regresión lineal ($Y = \beta_0 + \beta_1 X$, donde: Y= porcentaje de recaptura, X= distancia de liberación, β_0 = intercepto y β_1 parámetro del modelo (desconocido). Para detectar diferencias entre tratamientos en los experimentos uno, tres y cuatro de radio de acción, se calculó mediante SAS y Microsoft Excel 2013 el área bajo la curva para cada distancia evaluada en cada experimento. Debido a que se utilizó una confiabilidad de un 95%, se tomó como criterio que dos áreas bajo la curva son diferentes significativamente cuando entre éstas existe una diferencia del 5%.

A los datos de picudos capturados de todos los experimentos sobre la cantidad y forma de colocar el agave en la trampa, se les realizó un análisis de varianza con el procedimiento *proc glm*, previo a dicho análisis se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Cuando alguno de estos supuestos no se cumplió, se realizaron transformaciones.

Para detectar diferencias entre tratamientos se aplicó la prueba de medias Tukey 0.05. A los resultados de todos los experimentos de este capítulo se les aplicó la prueba de Chi-cuadrada para determinar si existían diferencias significativas entre el número de picudos hembras y machos capturados en las trampas con feromona.

3.3 Resultados y Discusión

3.3.1 Radio de acción de la feromona sintética

En el primer experimento (prueba preliminar realizada en agave tequilero) solo fue posible recapturar picudos a las distancias de 20 y 100 m, en las distancias de 40, 60 y 80 m no se recapturó ningún picudo. De acuerdo al Área Bajo la Curva (ABC), se obtuvo un mayor porcentaje de recaptura a los 20 m (recaptura= 6.25%, ABC= 92.52) que a los 100 m (recaptura= 1.25%, ABC= 4.00). En el caso de proporción sexual, se encontró que el 100% de los picudos recapturados fueron hembras.

En el segundo experimento, se observó que la mayoría de los picudos recapturados se obtuvieron durante los primeros 4 días después de la liberación de

los picudos marcados (DDL) (Figura 11A), pero a los 22 DDL aún se recapturaron algunos picudos. También se encontró una correlación negativa entre la distancia de liberación de picudos y el porcentaje de recaptura ($P = 0.004$, $r = - 0.97$), donde el modelo de regresión estimado fue $Y = 63.389 - 0.56245 (\text{distancia})$, $r^2 = 0.9513$ (Figura 11B). Por otro lado, se encontró que la feromona de agregación sintética atrajo al picudo del agave hasta a 100 m de distancia (8.93 % de recaptura). En el caso de proporción sexual (Cuadro 4), se recapturaron más hembras (60.24% del total de picudos recapturados) que machos del picudo, pero esta diferencia no fue significativa ($\chi^2 = 3.48$, $P = 0.062$).

En el tercer experimento se observó que el punto cardinal en el que se liberaron los picudos con respecto a la trampa, tuvo efecto en el porcentaje de recaptura (Figura 12A). De acuerdo con el área bajo la curva, los mayores porcentajes de recaptura se obtuvieron del Norte (recaptura= 53.33%, ABC= 710.42) y Sur (recaptura= 50.00%, ABC=747.65); en cambio, los menores porcentajes de recaptura se obtuvieron del Este (recaptura= 43.33%, ABC= 540.16) y Oeste (recaptura = 27.67%, ABC= 375.72). La mayoría de los picudos recapturados se atraparon durante los primeros 8 DDL, pero algunos picudos se recapturaron a los 15 DDL. En el caso de la proporción sexual, se observó que se recapturaron más hembras (57.69% del total de picudos recapturados) que machos del picudo (Cuadro 4), pero esta diferencia no fue significativa ($\chi^2 = 1.23$, $P = 0.267$).

Los resultados del cuarto experimento (Figura 13), muestran que el picudo del agave es atraído por la feromona de agregación sintética hasta a 120 m de distancia; sin embargo, el porcentaje de recaptura a esta distancia fue relativamente bajo

(6.25%). Tomando en cuenta el área bajo la curva, a 120 m (recaptura= 6.25%, ABC= 100.36) es menor la recaptura que a 60 m (recaptura= 21.25%, ABC= 328.96). Los picudos marcados se recapturaron principalmente durante los primeros 8 DDL, aunque algunos picudos se recapturaron aún a los 20 DDL. En este experimento también se encontró que las trampas cebadas con feromona de agregación sintética, recapturaron significativamente ($\chi^2 = 6.55$, $P = 0.011$) más hembras (77.27% del total de picudos recapturados) que machos del picudo (Cuadro 4).

En estos experimentos la mayoría de los picudos recapturados se atraparon durante los primeros 8 DDL de los picudos marcados. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rieske and Raffa (1990), quienes realizaron experimentos de recaptura de *Hylobius pale* Herbst en plantaciones de árboles de navidad y encontraron que la mayoría de los picudos recapturados fueron atrapados durante los primeros 7 días después de su liberación.

El hecho de que la mayoría de los picudos recapturados arribaran del norte y sur, se puede deber a la dirección del viento, ya que en el sitio experimental en el cual se estableció este experimento, la dirección predominante del viento fue de sur a norte en la mañana y de norte a sur en la tarde, esto pudo haber favorecido la difusión de la feromona por el viento, hacia el norte y sur. Turner et al. (1978), estudiaron el efecto de la velocidad y dirección del viento en la atracción de *Pseudopiusia includens* (Walker) a una feromona sintética y encontraron una débil evidencia de que la velocidad del viento influye en la atracción de este insecto a las

trampas con feromona, pero encontraron una fuerte evidencia de que de los insectos tendieron a volar contra el viento, hacia la fuente de feromona.

En cuanto al radio de acción de la feromona de agregación sintética, los resultados de los experimentos dos (20, 40, 60, 80 y 100 m) y cuatro (60 y 120 m), confirmaron que a mayor distancia entre los picudos y la trampa, el porcentaje de recaptura es menor y viceversa, pero lo más importante fue que la feromona sintética fue capaz de atraer los picudos hasta en un radio de 120 m. Mason et al. (1990), trabajaron con el picudo del camote *Cylas formicarius elegantulus* (Summers) y encontraron que este picudo fue recapturado hasta a los 280 m. Dodds and Ross (2002) encontraron que *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins fueron recapturados en altos porcentajes en las distancias menores o iguales a 200 m de la trampa cebada con feromona.

En el presente estudio, se observó que el porcentaje de recaptura acumulado de picudos, fue menor en el experimento que se realizó en una plantación de agave tequilero, que en los experimentos efectuados en terrenos sin la planta hospedante (agave). Este hecho posiblemente se debió a que en la plantación de agave tequilero existen plantas de agave infestadas con picudos y es probable que estos picudos estén liberando feromona de agregación; también las plantas de agave liberan algunos volátiles que atraen al picudo del agave (Altuzar et al. 2007), de tal modo que en la plantación de agave había muchas fuentes de atracción para los picudos marcados, que compitieron con las trampas cebadas con feromona sintética. Mientras que en terrenos sin plantas de agave, la única fuente de atracción para los picudos marcados fue la trampa cebada con feromona sintética.

Aún no es muy claro el hecho de que las trampas cebadas con feromona de agregación sintética recapturaron la misma proporción de hembras y machos cuando la planta hospedante, el agave, estuvo ausente y que en contraste, recapturaron más hembras que machos cuando el experimento se realizó en la plantación de agave. Tinzaara et al. (2011), usaron trampas cebadas con feromona para capturar *Cosmopolites sordidus* (Germar) en cultivo de plátano y recapturaron más hembras que machos. Figueroa-Castro et al. (2013), señalaron la alta tasa de liberación de feromona sintética, como posible causa de esta diferencia en proporción sexual de picudos capturados, pero con los resultados de estos experimentos es posible descartar esto, ya que tanto en la plantación comercial de agave, como en los predios sin agave, se usó el mismo tipo de liberador y en los predios sin cultivo de agave se obtuvo una proporción similar de hembras y machos. Ante esto, queda como posible explicación que en las plantaciones comerciales de agave, los picudos machos se fatiguen sensorialmente debido a las altas concentraciones de feromona liberada por los picudos presentes en plantas infestadas y/o debido a las grandes cantidades de volátiles liberados por las plantas de agave. Al respecto, Altuzar et al. (2007), reportaron cinco volátiles de *Agave tequilana* var. Azul que pueden estimular respuestas antenales en hembras y machos de este picudo.

Cuadro 4. Porcentaje de picudos del agave hembras y machos recapturados en trampas a diferentes distancias para determinar el de radio de acción de la feromona de agregación sintética.

Experimento	Distancia de liberación	(%)		X²	Pr>X²
		Hembras	Machos		
2	20 m	59.38	40.62	3.48	0.062
	40 m	50.00	50.00		
	60 m	66.67	33.33		
	80 m	72.73	27.27		
	100 m	60.00	40.00		
	Promedio	60.24	39.76		
3	Norte (50 m)	43.75	56.25	1.23	0.267
	Sur (50 m)	46.67	53.33		
	Este (50 m)	84.62	15.38		
	Oeste (50 m)	62.50	37.50		
	Promedio	57.69	42.31		
4	60 m	76.47	23.53	6.55	0.011
	120 m	80.00	20.00		
	Promedio	77.27	22.73		

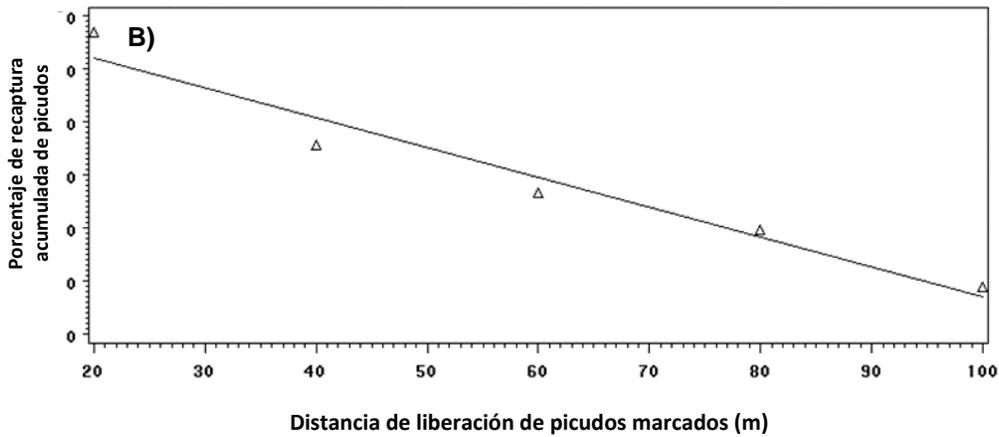
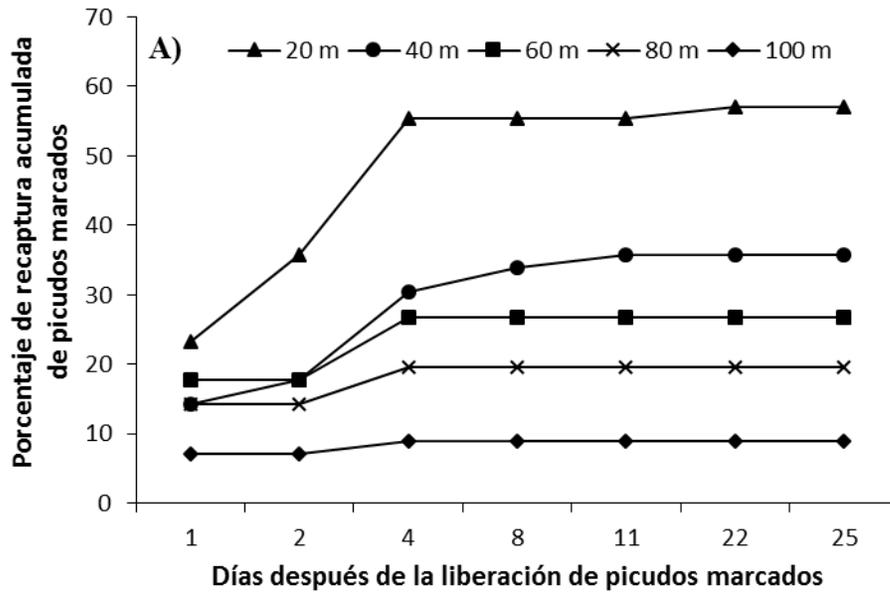


Figura 11. Porcentaje de recaptura acumulada de picudos, a diferentes distancias entre el punto de liberación de los picudos marcados y las trampas con feromona (A) y línea de regresión de la distancia de liberación de los picudos y el porcentaje de recaptura, obtenida a partir de las ecuaciones de regresión estimadas (B).

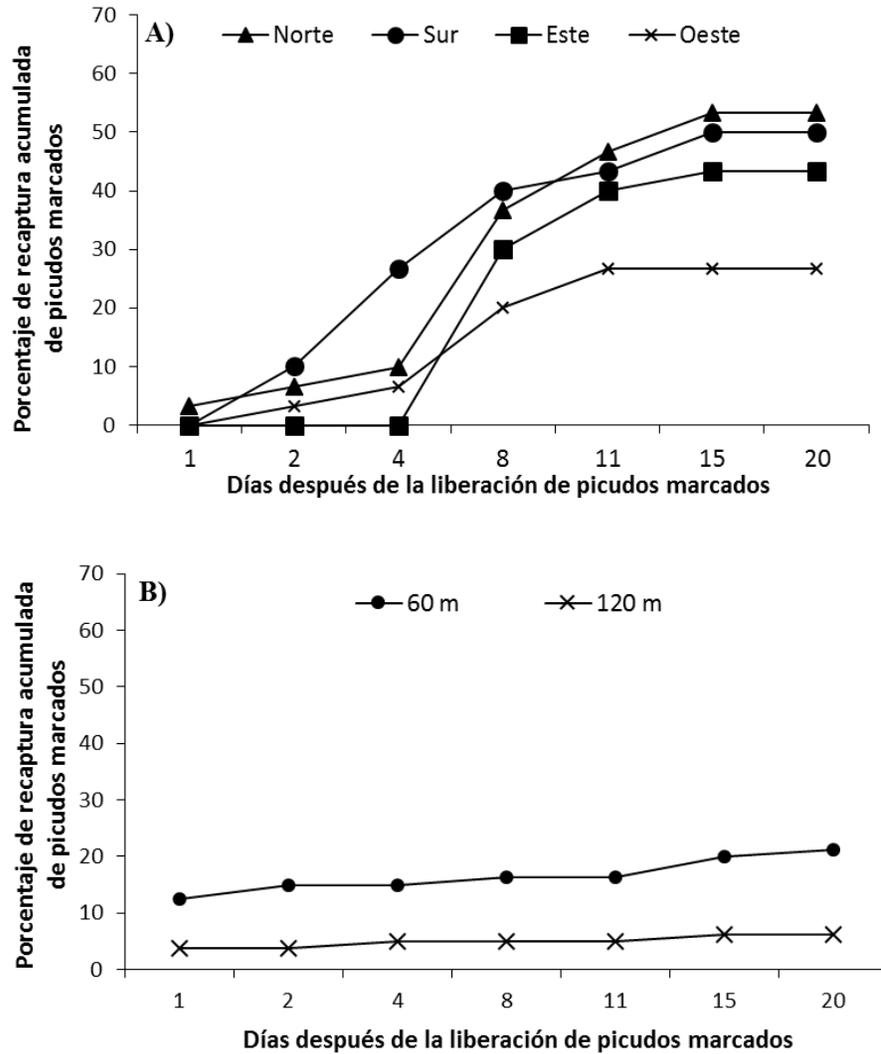


Figura 12. Porcentaje de recaptura acumulada de picudos, en función del punto cardinal (A) y a diferentes distancias entre el punto de liberación de los picudos marcados y las trampas con feromona (B) para determinar el radio de acción de la feromona.

3.3.2 Cantidad de agave atrayente por trampa

En el experimento uno (cantidades de agave de 0, 200, 400 y 600 g), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 6.38$; $df = 4, 15$; $P = 0.003$), donde las mayores capturas de picudos por trampa se obtuvieron en el

tratamiento donde las trampas se cebaron con feromona sintética en combinación con 400 g de tejido de agave (Figura 13A). Se encontró que las trampas cebadas con feromona de agregación sintética, capturaron significativamente ($\chi^2 = 93.61$, $P = <0.0001$) una mayor cantidad de hembras (91.79% del total de picudos capturados) que machos (Cuadro 5).

En el experimento dos (cantidades de agave de 0, 100, 200, 300, 400 y 500 g) hubo diferencias significativas entre tratamientos ($F = 10.69$; $df = 6, 21$; $P = <0.0001$), donde el mayor número de picudos capturados por trampa se obtuvo en el tratamiento donde las trampas se cebaron con feromona sintética en combinación con 400 g de tejido de agave (Figura 13B). Además, las trampas capturaron significativamente ($\chi^2 = 43.76$, $P = <0.0001$) una mayor cantidad de hembras (78.79% del total de picudos capturados) que machos (Cuadro 5).

En el experimento tres (cantidades de agave de 0, 100, 200, 300 y 400 g) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 19.76$; $df = 5, 36$; $P = <0.001$), las mayores capturas de picudos por trampa se obtuvieron en los tratamientos donde las trampas se cebaron con feromona sintética en combinación con 100, 200, 300 y 400 g de tejido de agave y entre estos cuatro tratamientos no hubo diferencias significativas (Figura 13C), aunque numéricamente las mayores capturas se obtuvieron en las trampas con feromona sintética y 300 g de agave. En este experimento se encontró que las trampas capturaron significativamente una mayor cantidad de hembras (85.58% del total de picudos capturados) que machos ($\chi^2 = 266.84$, $P = <0.0001$) (Cuadro 5).

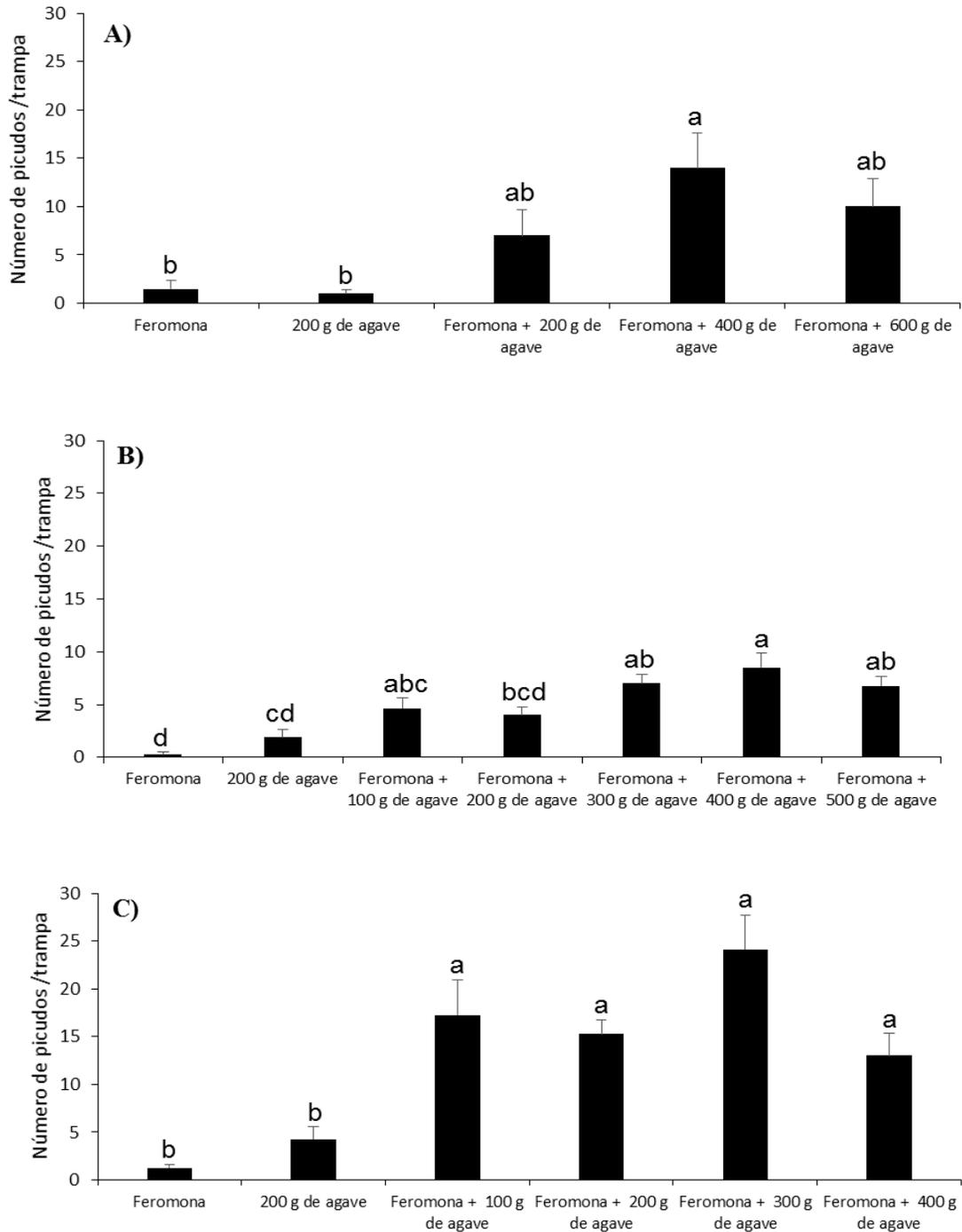


Figura 13. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función de la cantidad de agave atrayente por trampa. Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

En los tres experimentos se encontró que en los tratamientos en los cuales las trampas se cebaron con feromona sintética en combinación con diferentes cantidades de tejido de agave, capturaron una mayor cantidad de picudos que en los tratamientos donde se usó únicamente feromona o sólo tejido de agave (Figura 13 A, B y C). Además se confirmó que existe sinergismo al cebar la trampa con feromona sintética y tejido de agave, ya que el efecto en el número de picudos capturados de ambos, es mayor que la suma del efecto por separado del agave y de la feromona. Para ejemplificar este sinergismo, se usa la figura 13A, en la cual se observa que cuando las trampas se cebaron solo con feromona sintética, capturaron en promedio 1.5 picudos; cuando se cebaron únicamente con 200 g de tejido de agave, capturaron en promedio 1.0 picudos; en cambio, cuando las trampas se cebaron con feromona + 200 g de agave, capturaron en promedio 7.0 picudos, lo cual es mayor a la suma de los efectos individuales de la feromona y del agave ($1.5 + 1.0 = 2.5$ picudos). Estos resultados coinciden con Rojas et al. (2006), quienes también señalaron la posibilidad de un sinergismo entre el tejido de agave y la feromona sintética para la captura de este mismo picudo. Giblin-Davis et al. (1996), realizaron una revisión sobre la ecología química de los picudos de la palma y citan que el tejido de caña de azúcar y el tejido de la palma fermentados, sinergizan la respuesta de atracción de los picudos de la palma hacia la feromona sintética. Hallet et al. (1999), realizaron estudios de trapeo de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) y encontraron sinergismo entre los volátiles de la palma y la feromona ferrugineol y mencionan que para una mejor eficacia en la captura de este picudo en las trampas se requiere de la feromona y el tejido de la palma. Oehlschlager et al. (1993), encontraron que el

material vegetal del tallo de la palma de coco o caña de azúcar, sinergizan la respuesta de atracción del picudo negro de la palma *Rhynchophorus palmarum* L. hacia la feromona sintética.

En base a los resultados de los tres experimentos, se deduce que para el trampeo de este picudo, las trampas se deben cebar con feromona sintética en combinación con 300 o 400 g de tejido de agave fresco. Estos resultados también coinciden con los obtenidos por Al-Saoud and Ajlan (2013), quienes evaluaron diferentes cantidades de fruta de dátil para cebar trampas con feromona para la captura del picudo rojo de la palma *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) y encontraron que la cantidad de fruta afectó significativamente las capturas, las mayores capturas las obtuvieron con 450 g de fruta de dátil.

Las trampas cebadas con las mayores cantidades de tejido de agave (500 y 600 g), capturaron menos picudos que las trampas cebadas con 300 y 400 g. Esta situación de menores capturas en trampas cebadas con grandes cantidades de material vegetal, también fue reportada por Al-Saoud and Ajlan (2013), quienes trabajaron con el picudo rojo de la palma y encontraron que las trampas con feromona, cebadas con 550 g de fruta de dátil capturaron menor cantidad de picudos que las trampas cebadas con 350 y 450 g de este fruto. En contraste, Tinzaara et al. (2007), reportaron que trampas cebadas con feromona más 100 o 500 g de tallo de planta de plátano (fermentado), capturaron un número similar de picudos que las trampas cebadas únicamente con feromona, mientras que las trampas cebadas con feromona más 1000 g de tallo de plátano, obtuvieron un incremento significativo de picudos capturados.

Adicionalmente, en los tres experimentos del presente estudio, las trampas con feromona sintética capturaron una cantidad significativamente mayor de hembras que machos (Cuadro 5). Este hecho también se observó en la mayoría de los experimentos de esta tesis. Así mismo, estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores (Ruiz-Montiel et al. 2008, García-Coapio 2009, Rodríguez-Rebollar et al. 2012 y Figueroa-Castro et al. 2013), que han trabajado con este mismo picudo en agave tequilero y también capturaron una mayor cantidad de hembras que machos.

3.3.3 Forma de colocar el agave atrayente en la trampa

La forma de colocar el tejido de agave en la trampa sí afectó significativamente las capturas del picudo en trampas ($F = 17.37$; $df = 2, 24$; $P < 0.0001$). Los tratamientos en los cuales se colocó el tejido de agave ya sea dentro de una bolsa o bote y con orificios, capturaron estadísticamente un mayor número de picudos que las trampas en las que el agave se colocó directamente en el fondo de la trampa sin bolsas o botes (Figura 14).

La razón por la cual el colocar el tejido de agave en bolsa o bote incrementó las capturas, se debe a que la bolsa o el bote protegen y ayudan el tejido de agave a mantenerse fresco (con humedad) por más tiempo, lo que además le puede permitir mantenerse liberando volátiles que atraen a este picudo. Respecto al tiempo de uso del tejido de agave en las trampas, Rodríguez-Rebollar (2011), trabajó con este sistema de trampeo para el mismo picudo y a pesar de que no encontró diferencias estadísticas del efecto de la edad (tiempo de colocado) del tejido de agave en la trampa, sí determinó que numéricamente las trampas capturaron más picudos

cuando dicho tejido se cambió más frecuentemente, esto puede indicar que con el paso del tiempo el material se deshidrata o deteriora y deja de ser atractivo para el picudo. La disminución de la eficacia (capacidad de atracción) del material vegetal a través del tiempo ya se ha reportado en el trampeo del picudo rojo de la palma *Rhynchophorus furrigineus* (Olivier) (Hallett et al. 1999) y del picudo negro de la palma *Rhynchophorus palmarum* L. (Oehlschlager et al. 1993).

Cuadro 5. Porcentaje de picudos hembras y machos, capturados en trampas, en los experimentos 1, 2 y 3 de cantidad de agave por trampa.

Experimento	Tratamiento	Hembras (%)	Machos (%)	X ²	Pr>X ²
1	Feromona	83.33	16.67	93.61	<0.0001
	200 g de agave	50.00	50.00		
	Feromona + 200 g de agave	92.86	7.14		
	Feromona + 400 g de agave	91.07	8.93		
	Feromona + 600 g de agave	97.50	2.50		
	Promedio	91.79	8.21		
2	Feromona	100.00	0.00	43.76	<0.0001
	200 g de agave	53.33	46.67		
	Feromona + 100 g de agave	91.89	8.11		
	Feromona + 200 g de agave	81.25	18.75		
	Feromona + 300 g de agave	76.79	23.21		
	Feromona + 400 g de agave	79.41	20.59		
	Feromona + 500 g de agave	75.93	24.07		
	Promedio	78.79	21.21		
3	Feromona	77.78	22.22	266.84	<0.0001
	200 g de agave	70.00	30.00		
	Feromona + 100 g de agave	85.12	14.88		
	Feromona + 200 g de agave	92.52	7.48		
	Feromona + 300 g de agave	86.98	13.02		
	Feromona + 400 g de agave	81.32	18.68		
	Promedio	85.58	14.42		

Como en los anteriores experimentos, en el presente estudio, las trampas capturaron significativamente una mayor cantidad de hembras que machos ($\chi^2 = 388.65$, $P < 0.0001$), ya que un 88.63% de los picudos capturados fueron hembras. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ruiz-Montiel et al. (2008), García-Coapio (2009), Rodríguez-Rebollar et al. (2012) y Figueroa-Castro et al. (2013), quienes trabajaron con este mismo picudo en agave tequilero y también capturaron una mayor cantidad de hembras que machos.

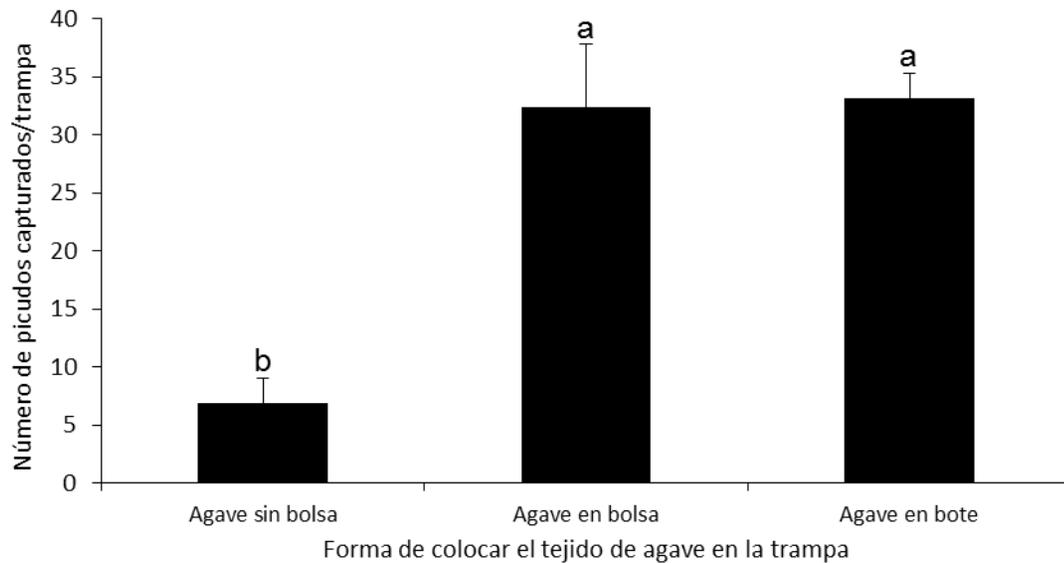


Figura 14. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados por trampa, en función de la forma de colocar el tejido de agave dentro de la trampa. Las barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

3.4 Conclusiones

La feromona de agregación sintética atrajo al picudo del agave hasta en un radio de 120 m, lo cual significa que una trampa con feromona, para monitoreo, puede cubrir una superficie de hasta 5.7 hectáreas de agave. El punto cardinal en

que se liberaron los picudos con relación a la trampa con feromona sintética afectó la recaptura de picudos, ya que las mayores recapturas se obtuvieron del Norte y Sur. La mayoría de picudos marcados se recapturaron durante los primeros 8 días posteriores a su liberación.

Las mayores capturas de picudos por trampa se obtuvieron en las trampas cebadas con feromona de agregación sintética en combinación con 300 y 400 g de tejido de agave, recién cortado.

La forma de colocar el cebo alimenticio o tejido de agave en la trampa tuvo efecto en las capturas, ya que cuando este se colocó dentro de un bote de plástico con orificios o dentro de una bolsa de polipapel con orificios, se incrementó el número de picudos capturados en trampas.

3.5 Literatura citada

- Altuzar, A., E. A. Malo, H. González-Hernández, and J. C. Rojas. 2007. Electrophysiological and behavioural response of *Scyphophorus acupunctatus* (Col., Curculionidae) to *Agave tequilana* volatiles. *J. Appl. Entomol.* 131: 121-127.
- Al-Saoud, A., and A. Ajlan. 2013. Effect of date fruits quantity on the numbers of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), captured in aggregation pheromone traps. *Agric. Biol. J. N. Am.* 4: 496-503.
- Aquino Bolaños, T., M. A. Iparraguirre Cruz, y J. Ruiz Vega. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 7: 175-180.
- Aquino Bolaños, T., J. Ruiz, Vega, S. Giron Pablo, R. Pérez Pacheco, S. H. Martínez Tomas, and M. E. Silva Rivera. 2011. Interrelationships of the agave weevil

Scyphophorus acupunctatus (Gyllenhal), *Erwinia carotovora* (Dye), entomopathogenic agents and agrochemicals. Afr. J. Biotechnol. 68: 15402-15406.

- Bravo-Pérez, D. 2009. Evaluación de tipos de trampas con feromona de agregación sintética Tequilur® en el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Amatitán, Jalisco. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- Dodds, K. J., and D. W. Ross. 2002. Sampling range and range of attraction of *Dendroctonus pseudotsugae* pheromone-baited traps. Can. Entomol. 134: 343-355.
- 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.
- García-Coapio, G. 2009. Sistema de trampeo con feromona de agregación y volátiles vegetales para el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Fitosanidad-Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 75 p.
- Giblin-Davis, R. M, A. C. Oehlschlager, A. Pérez, G. Gries, R. Gries, T. J. Weissling, C. M. Chinchilla, J. E. Peña, R. H. Hallett, H. D. Pierce, Jr., and L. M. González. 1996. Chemical and behavioral ecology of palm weevils (Curculionidae: Rhynchophorinae). Florida Entomol. 79: 153-167.
- González Hernández, H., J. F. Solís Aguilar, C. Pacheco Sánchez, F. J. Flores Mendoza, R. Rubio Cortés y J. C. Rojas. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.

- Hallett, R. H., A. C. Oehlschlager, and J. H. Borden. 1999. Pheromone trapping protocols for the Asian Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Int. J. Pest Manage.* 45: 231-237.
- 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.
- Oehlschlager, A. C., C. M. Chinchilla, L. M. Gonzalez, L. F. Jiron, R. Mexzon, and B. Morgan. 1993. Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 86: 1381-1392.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. *Bioecología y Control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, Mérida, Yucatán, México.* 127 p.
- 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.
- Rodríguez-Rebollar, H. 2011. Trampeo del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae) con feromonas de agregación y volátiles del agave. Tesis de Doctorado en Ciencias. Postgrado en Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 74 p.
- Rodríguez-Rebollar, H., J. C. Rojas, H. González-Hernández, L. D. Ortega-Arenas, A. Equihua-Martínez, J. I. del Real-Laborde y J. López-Collado. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana.* (n.s.) 28: 73-85.

- Rojas, J., H. González Hernández, C. Ruiz Montiel, D. N. Rangel Reyes, E. I. Ceja, G. García Coapio y I. del Real Laborde. 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.
- Ruiz-Montiel, C., H. González-Hernández, J. Leyva, C. Llanderal-Cazares, L. Cruz-López, and J. C. Rojas. 2003. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1126-1131.
- Ruiz-Montiel, C., G. García-Coapio, J. C. Rojas, E. A. Malo, L. Cruz-López, I. del Real, and H. González-Hernández. 2008. Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. *Entomol. Exp. Appl.* 127: 207-217.
- Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Tinzaara, W., C. S. Gold, M. Dicke, A. V. Huis, and P. E. Ragama. 2007. Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure[®]. *Int. J. Pest Manage.* 53. 127-137.
- Tinzaara, W., C. S. Gold, M. Dicke A. Van Huis, and P. E. Ragama. 2011. Effect of age, female mating status and density on the banana weevil response to aggregation pheromone. *African Crop Science Journal* 19: 105-116.
- 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.

Waring, G. L., and R. L. Smith. 1986. Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 334-340.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En *Agave tequilana*, *A. angustifolia* y *A. cupreata*, la colonización por *Scyphophorus acupunctatus*, la pueden iniciar tanto los machos como las hembras grávidas.

La ubicación de la trampa no tuvo efecto sobre el número de picudos capturados en trampas, por lo cual se recomienda colocar estas trampas con feromona a ras de suelo, junto a plantas de agave, en la línea de plantación. Considerando que las trampas colocadas a mayores distancias (200 y 250 m) lograron mayores capturas y que la feromona de agregación sintética atrajo al picudo del agave hasta en un radio de 120 m de distancia, para el monitoreo de este picudo, se sugiere usar estas trampas a densidades de una trampa por cada 6 ha de cultivo de agave tequilero. El patrón de distribución espacial de trampas en campo no tuvo efecto sobre el número de picudos capturados en trampas, por ello se sugiere acomodar las trampas ya sea a tres bolillo o en marco real. Para cebar las trampas, además de la feromona de agregación sintética, se sugiere agregar de 300 a 400 g de cebo alimenticio (tejido de agave, recién cortado) por trampa. Dicho tejido de agave se debe colocar dentro de la trampa, ya sea dentro de un bote o bolsa de plástico transparente con orificios para permitir la salida de volátiles, ya que se encontró que al colocar el agave en bolsa o bote se incrementan las capturas de picudos.

Para el monitoreo este picudo se pueden usar las trampas hechizas del diseño TOCCI, en las cuales se usa insecticida malatión para retener los picudos capturados. Como alternativa se pueden usar las trampas hechizas del diseño

TOCCIA, en las cuales no es necesario el uso de insecticida, ya que para retener los picudos capturados se puede usar 1 L de solución de agua jabonosa. Ambas trampas (TOCCI Y TOCCIA) fueron igual de eficientes para la captura del picudo del agave.

Se sugiere realizar estudios para poder establecer con la mayor precisión posible el umbral de acción de *S. acupunctatus* en agave, usando como referencia el número de picudos capturados en trampas cebadas con feromona de agregación sintética y tejido de agave.

También se recomienda realizar una investigación para poder evaluar el potencial que podría tener la técnica de trampeo masivo mediante trampas con feromona sintética para el control y/o prevención del establecimiento de *S. acupunctatus* en plantaciones de agave jóvenes.