



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**TRAMPEO DEL PICUDO DEL AGAVE *Scyphophorus acupunctatus* Gyll.
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON FEROMONAS DE AGREGACIÓN Y
VOLATILES DEL AGAVE**

HILDA RODRÍGUEZ REBOLLAR

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

La presente tesis, titulada: TRAMPEO DEL PICUDO DEL AGAVE *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON FEROMONA DE AGREGACIÓN Y VOLATILES DEL AGAVE, realizada por la alumna: HILDA RODRIGUEZ REBOLLAR, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

Consejero: Héctor González H.

Dr. Héctor González Hernández

Director: Julio C. Rojas León

Dr. Julio C. Rojas León

Asesor: Laura Delia Ortega Arenas

Dra. Laura Delia Ortega Arenas

Asesor: Armando Equihua Martínez

Dr. Armando Equihua Martínez

Asesor: Ignacio Del Real Labarido

Dr. Ignacio Del Real Labarido

Asesor: José López Collado

Dr. José López Collado

Montecillo, Texcoco, México, julio de 2011

**TRAMPEO DEL PICUDO DEL AGAVE *Scyphophorus acupunctatus* Gyll
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON FEROMONAS DE AGREGACIÓN Y
VOLATILES DEL AGAVE**

**Hilda Rodríguez Rebollar, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011**

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, es una plaga de importancia económica en diferentes cultivos de agave en México, principalmente tequilero, mezcalero y henequén. Los machos de esta especie liberan una feromona de agregación que atrae a ambos sexos. Se identificaron cuatro compuestos feromonales, pero sólo dos son cruciales para la atracción de los insectos. Los compuestos feromonales de *S. acupunctatus* se tienen identificados, por lo que estos se pueden emplear para monitorear las poblaciones de picudos en campo, aunque la elección de qué combinación de los compuestos usar depende de varios factores. En el presente estudio se realizaron experimentos para determinar la mejor proporción y dosis de compuestos feromonales sintéticos en la captura de picudos mediante trampas colocadas en predios comerciales de agave tequilero. Posteriormente para mejorar la eficiencia de las trampas se realizaron otros ensayos como: distancia entre éstas, altura sobre las plantas, tipos (diseños), radio de acción de la feromona de agregación, efecto del cambio de tejido vegetal, colores de trampas y finalmente se estimaron mediante el trampeo, las horas del día de mayor actividad de picudos. Todo lo anterior, con la finalidad de hacer más eficiente el sistema de trampeo con feromonas de agregación sintéticas para el picudo del agave. Los compuestos feromonales que se evaluaron fueron las cetonas 2-metil-4-heptanona (C1) y 2-metil-4-octanona (C2). En general, los resultados muestran que las trampas que capturaron el mayor número de picudos fueron aquellas cebadas con la C2 a dosis de 350 mg, a distancia de 100 m entre trampas, colocadas sobre el cogollo del agave y aquellas con orificios circulares. Por el contrario, el cambio de material vegetal a diferentes tiempos y los colores de trampas no afectaron la captura de picudos. Usando la técnica de captura-marcaje- liberación y recaptura, se encontraron picudos en un radio de hasta 100 m de distancia. En todas las trampas cebadas con los compuestos feromonales sintéticos y usadas en los diferentes experimentos capturaron más hembras que machos.

Palabras clave: Picudo del agave, feromona sintética, dosis, sistema de trampeo.

TRAPPING AGAVE WEEVIL *Scyphophorus acupunctatus* Gyll (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) WITH AGGREGATION PHEROMONE AND AGAVE VOLATILES

Hilda Rodríguez Rebollar, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

The agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal is an economically important pest on different crops of agave in Mexico, mainly tequila, mezcal and henequen. The males of this species release an aggregation pheromone that attracts both sexes. We identified four pheromonal compounds, but only two are crucial for attracting insects. Pheromone compounds of the *S. acupunctatus* had been identified, so these can be used to monitor wild populations of weevils, although the which combination of compounds can be used depends on several factors. In the present study experiments were conducted to determine the best rate and dose of synthetic pheromone compounds to capture agave weevils in commercial agave tequila plantations. Subsequently, to test efficiency of the traps, other trials were conducted such as: the distance between them, best height on plants, types of trap design, range of action of the aggregation pheromone, the effect of changing plant tissue at different times, traps colors, and the time of the day where the agave weevil are more active in the field. Pheromonal compounds evaluated were the ketones 2-methyl-4-heptanone (C1) and 2-methyl-4-octanone (C2). Overall, the results show that traps that captured more weevils were those baited with C2 at a dose of 350 mg, traps placed 100 m between them, traps placed over the heart of the agave and traps with circular holes. By contrast, the change of plant material at different times and the trap colors did not affect the weevils captures. Using the technique of capture-mark-release-recapture weevils were found within a radius of up to 100 m away. Agave weevils were more active between the 17:00 and 20:00 h. All traps in all the experiments baited with synthetic pheromone compounds captured more females than males.

Keywords: agave weevil, synthetic pheromone, doses, trapping system

DEDICATORIA

A: Fernanda y Nelson Jafet

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, al programa de Fitosanidad por darme la oportunidad de realizar mis estudios doctorales En entomología y Acarología.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para realización del programa doctoral.

A Tequila Sauza S. de R.L de C. V. y Casa Herradura, por el apoyo económico y logístico a los proyectos: “Biología, Efectividad Biológica de Insecticidas y Ecología Química del Picudo del Agave” y “Manejo Integrado de Plagas del Agave”.

A TAMU-CONACYT Collaborative Research Grant Program, por el apoyo al proyecto: “Developing Environmentally Friendly Management Technologies for Emerging Insects Pests of Tequila Agave”.

Al Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas en el Laboratorio del Programa de Fitosanidad en Entomología Campus Montecillo.

Al Dr. Julio C. Rojas León por la acertada dirección y revisión del presente trabajo.

Al Dr. Héctor González Hernández por permitir formar parte de su equipo de trabajo, por todas las sugerencias, revisión y aportaciones que permitieron mejorar esta tesis, por su amistad, por el tiempo y apoyo brindado, pero sobre todo por su infinita paciencia para conmigo.

Al Dr. Ignacio Del Real Laborde del Área de Investigación de Tequila Sauza, rancho “El Indio” por las aportaciones y sugerencias a esta tesis y por facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

A la Dra. Laura Delia Ortega Arenas, al Dr. Armando Equihua Martínez y al Dr. José López Collado por sus sugerencias y revisión de este trabajo, además por aceptar formar parte de mi consejo particular.

Al personal técnico y auxiliar de campo de Tequila Sauza y Tequila Herradura por el apoyo en los trabajos experimentales: M.C. Ramón Rubio Cortez, M.C. Eliú Herrera Navarro, Rodrigo Haro Contreras, Ricardo Ontiveros Velázquez, José Nungaray Rivera, Saúl Montesinos, Miguel Hernández, Angelberto Mariscal y Carlos Hernández.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo por el apoyo en la toma de fotografías del picudo del agave y por su valiosa amistad.

A todas las personas, profesores, amigos y compañeros que han contribuido en mi formación profesional y personal.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
CONTENIDO	viii
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO UNO. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1.Historia y normatividad del tequila en México.....	3
1.2. Importancia del Agave tequilana Weber var. Azul	4
1.3. Estadísticas de la bebida tequila	5
1.4. Plagas y enfermedades del agave tequilero.....	6
1.4.1. El picudo del agave <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal.	8
1.4.2 Enemigos naturales y estrategias de manejo del picudo del agave	12
1.5. Semioquímicos	14
1.6 Ecología del comportamiento	15
1.7 Monitoreo de plagas	15
1.8 Trampeo con semioquímicos.....	15
1.9 Uso de semioquímicos	16
1.10 Estudios sobre la ecología química del picudo del agave	18
CAPITULO DOS.....	20
EFFECTO DE LA PROPORCION Y DOSIS DE LOS COMPUESTOS FEROMONALES EN LA CAPTURA DEL PICUDO DEL AGAVE	20
2.1 INTRODUCCIÓN	20
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21

2. 2.1 Área de estudio.....	21
2.2.2. Diseño, preparación y mantenimiento de trampas.....	21
2.2.3. Descripción y diseño de experimentos	23
2.2.4. Análisis estadístico	25
2.3 RESULTADOS	26
2.3.1 Experimento 1. Evaluación de los compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 (C1: 60µL) y Cetona 2 (C2: 45 µL), en la atracción del picudo del agave <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal.....	26
2.3.2 Experimento 2. Evaluación de compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 + Cetona 2, dosis de 50, 100 y 150 mg, en la atracción del picudo del agave <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal.....	27
2.3.3 Experimento 3. Evaluación de compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 + Cetona 2, dosis de 200, 350 y 500 mg, en la atracción del picudo del agave <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal.....	30
2.3.4 DISCUSIÓN.....	31
CAPITULO TRES	35
FACTORES QUE AFECTAN LA CAPTURA DEL PICUDO DEL AGAVE EN TRAMPAS CEBADAS CON FEROMONAS	35
3.1 INTRODUCCION.....	35
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.2.1. Área de estudio.....	36
3.2.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas	37
3.2.3 Descripción y diseño de experimentos	38
3.2.4 Análisis estadístico	43
3.3 RESULTADOS	44
3.3.1 Distancia entre trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 1).	44
3.3.2 Altura de trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 2).	45
3.3.3 Evaluación del diseño de trampa con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 3).	46

3.3.4 Efecto del color de la trampa en la captura del picudo del agave <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyll. (Experimento 4).....	47
3.3.5 Efecto de la edad del material vegetal en trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 5).....	49
3.3.6 Efecto del radio de acción de la feromona de agregación sintética sobre la atracción del picudo del agave (Experimento 6).....	51
3.3.7 Actividad diaria del picudo del agave en respuesta a su feromona de agregación (Experimento 7).	53
3.4. DISCUSION.....	55
4. DISCUSION GENERAL.....	59
5. LITERATURA CITADA.....	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Descripción de tratamientos utilizados en cada experimento.....	25
2.2	Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones del compuesto feromonal (C1 y C2), estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia de 5%. Ameca, Jalisco. Predio los Pitayos. 2007.....	27
2.3	Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones y dosis de feromona sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5%. Predio “Bajío Norte”. El Arenal, Jal. 2007.....	29
2.4	Proporción de hembras de <i>S. acupunctatus</i> capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones y dosis de feromona sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5%. Predio Bajío Norte, El Arenal, Jal. 2007.....	31
3.1	Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con compuesto feromonal sintético (C2: 350mg), estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Predio Bajío Norte, El Arenal, Jal.....	45
3.2	Proporción de hembras del picudo del agave capturadas en trampas de diferente color y cebadas con feromona de agregación sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey (P< 0.05). Predio “Los Colgados”, Tequila, Jal. Méx. Junio, 2010.....	49
3.3	Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con compuesto feromonal sintético (C2: 350mg) en la evaluación del cambio del material vegetal en trampas, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey (P< 0.05). Predio Loma norte, Amatitán, Jal.....	51
3.4	Proporción de hembras adultas del picudo del agave recapturadas en trampas dispuestas a diferentes distancias de la fuente emisora, mediante el procedimiento de captura- marcaje -liberación y recaptura, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey (P< 0.05). Predio Loma Norte, Amatitan, Jal.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Consumo de agave para tequila, tequila 100 % y total de agave.....	5
1.2	Producción total de tequila, tequila 100 % y tequila, volúmenes expresados en millones de litros.....	6
1.3	Dimorfismo sexual del adulto del picudo del agave. Vista lateral (A), vista dorsal (B) y diferenciación morfológica del último segmento abdominal (C).....	11
2.1	Trampa utilizada en la evaluación de compuestos feromonales (Diseñada por Rangel, 2007). Bote con tubos de centrífuga cargados con feromona para colocarse en trampa (A), trampa con material vegetal y bote con insectos macho utilizado como testigo (B).	23
2.2	Liberador con mezcla de feromona sintética en tapa de trampa para la evaluación de la captura del picudo del agave (A), colocación de la tapa con liberador de feromona sintética en trampa (B).....	23
2.3	Promedio de capturas de picudos del agave, capturados en trampas con feromona de agregación sintética C1=60 µL: C2 =45 µL en proporciones de T1,1:1; T2, 2:1; T3, 1:2; T4, 4:1; T5, 1:4 y T6 (10 picudos macho). Predio los Pitayos, Ameca, Jal. Méx. 2007.....	26
2.4	Promedio de picudos del agave capturados en trampas cebadas con diferentes dosis y proporciones de cetonas (C1 y C2), proporciones de T1, 1:1; T2, 2:1; T3, 4:1; T4, 1:2; T5, 1:4 dosis de 50 mg, T6, 1:1; T7, 2:1; T8, 4:1; T9, 1:2; T10, 1:4 en dosis de 100 mg , T11, 1:1; T12, 2:1; T13, 4:1. T14, 1:2; T15, 1:4 y T16 (10 picudos macho). Predio “Bajío Norte”, El Arenal, Jal. 2007.....	28
2.5	Promedio de picudos del agave capturados en trampas cebadas con tres dosis y proporciones de cetonas (C1 y C2), proporciones de T1, 1:1, T2, 1:4 en dosis de 200 mg, T3, 1:1; T4, 1:4 dosis de 350 mg, T5, 1:1; T6, 1:4 en dosis de 500 mg, T7, C2 (200 mg); T8 C2 (350 mg); T9 C2 (500 mg) y T10 (10 picudos macho). Predio “Bajío Norte”, El Arenal, Jal. 2007.....	30
3.1	Trampa con feromona de agregación sintética utilizada para la captura del picudo del agave (A), ubicación de trampa (B).....	38
3.2	Tipos de trampas para la captura del picudo del agave. A) Trampa diseño de Rangel-Reyes, 2007 y B) trampa con orificios circulares....	39
3.3	Código de colores de las trampas, A). Mediante RGB y B). Hexadecimal.....	40
3.4	Genitalia del macho y hembra del picudo del agave. Vista del edeago del macho: A) dorsal, B) lateral y C) Ventral, D) Espermateca de la hembra.....	43

3.5	Número promedio (\pm EE) de picudos capturados al evaluar distancias entre trampas con feromona (C2: 350 mg) para la captura del picudo del agave: T1: 5 m, T2: 10 m, T3: 20 m, T4: 50 m y T5: 100 m. Las barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Predio Bajío Norte, Arenal, Jal.....	45
3.6	Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas con feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: trampa colocada junto a la base de la planta y T2: Trampa colocada sobre el cogollo de la planta. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Bajío Norte, Arenal, Jal.	46
3.7	Promedio de picudos capturados en dos tipos de trampas. T1: Trampas con orificios circulares y T2: trampa diseño de Rangel-Reyes. Predio: Loma Norte, Amatitan, Jal. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes), según prueba de Tukey ($P < 0.05$).....	47
3.8	Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas de diferentes colores y feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: Azul, T2: Verde lima, T3: Rojo, T4: Azul verde, T5: Blanco, T6: Amarillo y T7: Transparente. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Los Colgados, Tequila, Jal.....	48
3.9	Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas con cambio de material vegetal y feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: cambio de material vegetal diario, T2: cambio de material vegetal cada cinco días, T3: cambio de material cada 10 días y T4: sin cambio de material vegetal. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Loma Norte, Amatitán, Jal.....	50
3.10	Promedio de insectos marcados (MAR) y no marcados (TOT) capturados en trampas con feromona de agregación sintética y material vegetal. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$).....	52
3.11	Número promedio (\pm EE) de capturas del picudo del agave durante diferentes horas del día.....	54
3.12	Promedio de capturas del picudo del agave durante el día. Predio Los Colgados, Tequila, Jal. Méx.....	54

INTRODUCCIÓN

El cultivo del agave en México es originario del estado de Jalisco ya que se ha encontrado en varios municipios del estado. A inicios de este siglo, la mayoría de las áreas cultivadas con agaves se destinaban a la producción de fibra, como es el caso del cultivo henequén en México (*Agave fourcroydes*) y del sisal (*Agave sisalana*) en África oriental (Novel, 1998). Actualmente la demanda mundial del tequila ha hecho que se extienda la producción de este cultivo en México, teniendo un gran potencial para incrementar su producción, aunque esto representa un fuerte desafío para fisiólogos, biotecnólogos, fitomejoradores y en general a todas aquellas personas encargadas de mantener el cultivo en buenas condiciones hasta su producción.

Entre las bebidas alcohólicas que se obtienen de agaves se encuentra el pulque, que se obtiene de *Agave atrovirens*, *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* y *Agave americana*; el mezcal bacanora a partir del *Agave potatorum*; el sotol producido con *Agave dasylirion*; el mezcal *Agave angustifolia* y otras especies de manera y de manera importante el tequila producido con *Agave tequilana* var. *Azul* (Gentry, 1982; Bravo, 2007). Existen variedades como la mano larga, chato, bermejo, azul, pata de mula, sigüin, zopilote, Moraleño y Zahuayo de las cuales se obtiene tequila.

Actualmente la norma para la producción de tequila (NOM-006-SCFI-2005) sólo permite el uso de la variedad de agave *A. tequilana* var. *Azul*. (Gentry, 1982; Martínez, 1999; SE, 2006). De acuerdo con Valenzuela (2000), el 75% de 300 variantes de agaves se encuentran registradas en México y el resto en Estados Unidos y Norte de Sudamérica.

El cultivo del agave es la fuente de materia prima para la elaboración de tequila, ya que México es el único país productor de tequila. Actualmente el agave tequilero para producción de tequila se puede plantar en 181 municipios comprendidos en la zona geográfica de denominación que incluye cinco estados, protegidos dentro de la denominación de origen del tequila (DOT) (NOM-006-SCFI- 2005; CRT, 2009a), con una superficie sembrada de 165, 475.10 ha y con una producción de 1, 197,943.03 ton (SIAP, 2009). Jalisco es el principal productor, con una superficie plantada de

122,555.21 ha de agave tequilero y un total 430, 056,509 plantas sembradas (CRT, 2008). El actual aprovechamiento representa una fuente importante de ingresos económicos para los productores por la generación de empleos, así como por la captación de divisas para el país al exportar volúmenes importantes de la producción de tequila. Bravo (2007), menciona que el agave, con sus diferentes especies y distribución regional, es fuente generadora de ingresos económicos, sociales, ecológicos y culturales; sin embargo, este cultivo se ve afectado por problemas fitosanitarios, siendo el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) una de las principales plagas. En *A. tequilana*, las larvas del picudo dañan directamente a la planta al realizar galerías en la piña y pencas, mientras que los adultos causan daños indirectos al alimentarse y actuar como transmisores de hongos y bacterias fitopatógenas (Wering y Smith, 1986; Solís, 2001), lo que provoca una reducción de materia prima, y como consecuencia la pérdida de la planta (Rodríguez, 1999). Tanto larvas como adultos de este insecto se alimentan de la piña y pueden permanecer dentro de la misma causando pérdidas hasta de un 24.5% (Solís *et al.*, 2001).

Hasta el momento se han realizado distintas estrategias para el control de picudos en plantaciones comerciales, donde el control químico es el más utilizado, sin embargo, éste no ha sido exitoso, debido a que las larvas y adultos se encuentran en tejidos profundos, y en consecuencia es poca o nula la cantidad de insecticida que llega hasta el sitio en donde se alojan los picudos (Valdez, *et al.*, 2004). Un método alternativo para el control de este insecto en el cultivo del agave puede ser el uso de feromonas sexuales sintéticas en el trampeo masivo, esto debido a que estos insectos responden a una feromona de agregación.

Diversos estudios en el cultivo del agave confirman que el macho libera una feromona de agregación, que es atractiva a ambos sexos (Ruiz-Montiel *et al.*, 2003). Aunque ya hay varios trabajos al respecto en el presente trabajo se planteó como objetivo investigar varios aspectos para optimizar un sistema de trampeo en la captura del picudo del agave con feromona de agregación sintética.

CAPITULO UNO. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1.Historia y normatividad del tequila en México

En mayo de 1902, el Dr. Weber propuso el nombre de *Agave tequilana* y la variedad Azul al agave productor de tequila mismo que es utilizado desde 1949, aunque desde 1945 se otorgó la primera concesión para producir vino mezcal de tequila y en junio de 1949, se publicó la PRIMER NORMA OFICIAL DE CALIDAD para el tequila DGN R-9-1949 (CRT, 2008d).

En 1974, se publicó la DECLARATORIA que otorga protección a la Denominación de Origen del Tequila (DOT) para México. Esta protección incluye todo el estado de Jalisco con 125 municipios, 7 municipios de Guanajuato, 30 de Michoacán, 8 de Nayarit y 11 de Tamaulipas, que en total suman 181 municipios con DOT (CRT, 2009c).

En 1992 se publicó la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la cual permite que la evaluación de conformidad sea llevada a cabo por organismos privados.

En 1994 se creó el Consejo Regulador del Tequila, A. C. (CRT). Este Consejo es una organización interprofesional, sin fines de lucro, donde se reúnen agentes y actores productivos ligados a la producción de tequila. Este consejo está dedicado a promover la calidad, la cultura y el prestigio del tequila. Actualmente el CRT cuenta con las acreditaciones siguientes: laboratorio de pruebas, unidad de verificación y organismo de certificación. Los objetivos del CRT son: verificar y certificar el cumplimiento de la norma del tequila (NOM-006-SCFI-2005), garantizar al consumidor la autenticidad del tequila y generar información oportuna y veraz, útil a la cadena productiva agave-tequila, así como salvaguardar la DOT en México y el extranjero (CRT, 2009b).

El 6 de enero de 2006, se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCFI-2005: Bebidas alcohólicas- Tequila- especificaciones. Vigente. Esta Norma establece las características, especificaciones y los requisitos a cumplir en el abasto de agave, la producción, envase, comercialización, información y prácticas comerciales vinculadas a la bebida alcohólica destilada denominada Tequila. Estos requisitos están sujetos a verificación permanente, además establece que todo el tequila debe estar certificado

con la finalidad de garantizar al consumidor la calidad del tequila e involucra todos los procesos de la cadena productiva agave-tequila (CRT, 2009d; CRT, 2009b).

1.2. Importancia del Agave tequilana Weber var. Azul

El agave *A. tequilana* var. Azul o maguey de tequila, es posiblemente originario del estado de Jalisco, ya que se encuentra en estado silvestre en los alrededores de los municipios de Tequila, Ahualulco, Tehuchitlán y Etzalán. Se menciona que las tribus de la región cultivaban la planta y de las hojas sacaban fibras para la fabricación de tejidos, y del tronco obtenían por torrefacción un jarabe que evaporado daba una especie de miel y fermentado daba una bebida alcohólica (CRT, 2008d). El agave se cultiva en varios estados de la República Mexicana con una superficie plantada de 165,475.10 ha y una superficie cosechada de 15,321.47 ha, con un rendimiento de 443.01 ton/ha (SIAP, 2009). El cultivo del agave, en la industria tequilera, es una fuente importante de materia prima para la producción de tequila (García, 2009).

Este cultivo se encuentra distribuido en cinco estados de la república mexicana con 181 municipios protegidos por la Denominación de Origen de Tequila (DOT) (SAGARPA, 2010; CRT, 2009a; CRT, 2009b; CRT, 2008d). Jalisco es el principal estado productor de agave, cuenta con una superficie plantada de 122,555 ha, con un total 513,769,901 plantas de agave registradas en el CRT a diciembre de 2008, con un total de 35,748 productores (CRT, 2008c; CRT, 2008e). SAGARPA registra para el año 2010 un inventario de 318 millones de plantas de agave que abastecen a 150 fábricas productoras de tequila. Este cultivo genera 60,000 empleos directos y 900,000 jornales cada año en toda la cadena productiva agave-tequila (SAGARPA, 2010; CRT, 2008c).

En noviembre de 2009 el Consejo Regulador del Tequila (CRT) reportó 17 500 agricultores, generando empleos a más de 50 000 familias (CRT, 2009a; CRT, 2009b).

El consumo de agave para producción de tequila ha variado en los últimos 15 años con un incremento en el consumo de materia prima en el periodo 1995-1999, sin embargo en el periodo 2000-2003 se registró un descenso en el consumo, asociado a la escasez de agave por lo que la introducción de tequila perdió participación en los mercados, equivalente a los 250 millones de litros, con un valor aproximado de 700 millones de dólares (CRT, 2009a; CRT, 2009b). Esta pérdida de mercado se vio

afectada por bebidas apócrifas ofrecidas por el sector informal en México y el extranjero. Sin embargo, a partir del 2004 el comercio de agave nuevamente se recuperó ya que durante el 2008 se obtuvieron 1,125.1 ton, un total de 35 millones de plantas con peso promedio de 30 kg y un consumo de 100% dado por la exportación a Estados Unidos y la Unión Europea como principales importadores (CRT, 2009a) (Figura 1.1).

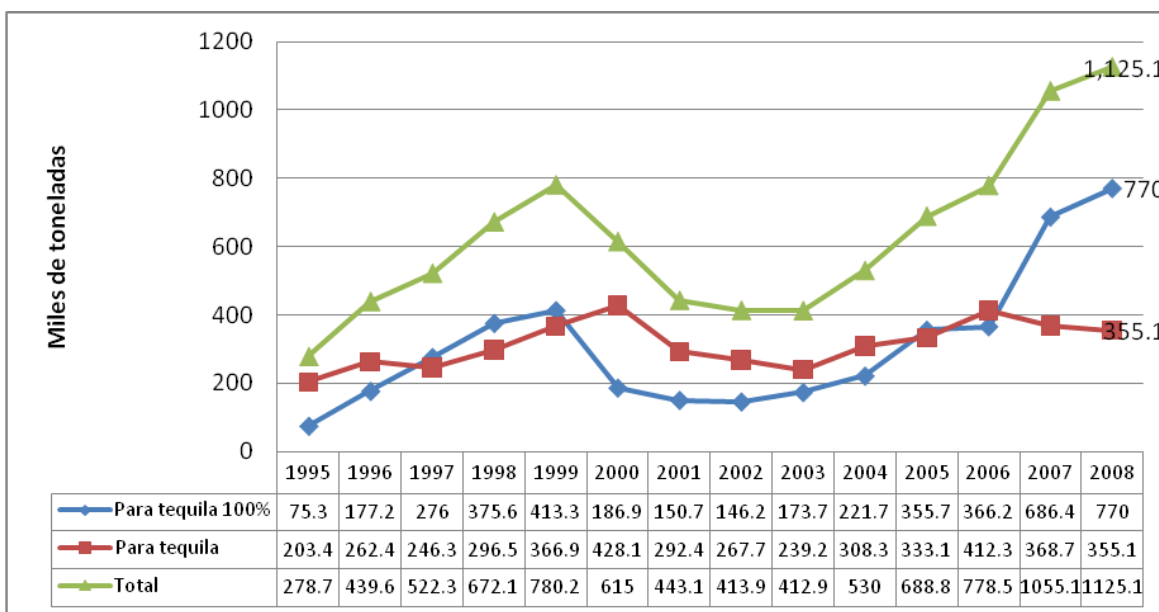


Figura 1.1. Consumo de agave para tequila, tequila 100 % y total de agave (en miles de toneladas) (CRT, 2009a).

1.3. Estadísticas de la bebida tequila

Jalisco es el principal estado productor de tequila que cubre un 99 % del total de la producción con 309, 237,841 litros de tequila, seguido de Guanajuato con 2, 794,852 litros; Michoacán con 70,052 litros, Tamaulipas con 37,785 litros, y Nayarit con 7,784 litros. En el año 2008 México exportó 138.4 millones de litros a más de 100 países, de un total de 312.1 millones de litros de tequila (CRT, 2009a; CRT, 2008c) (Figura 1.2). De esta producción 102.2 millones de litros fueron tequila y sólo 36.2 millones de litros fue tequila 100 %. Se exportaron 80.2 millones de litros de tequila a granel y 58.2 millones de litros envasado. En 2008 el país exportó a Estados Unidos de Norteamérica 106.4 millones de litros de tequila envasado y a granel (CRT, 2009a;

CRT, 2008c). Hasta octubre de 2009 se tenían registradas 149 empresas certificadas con actividad exportadora (CRT, 2009a).

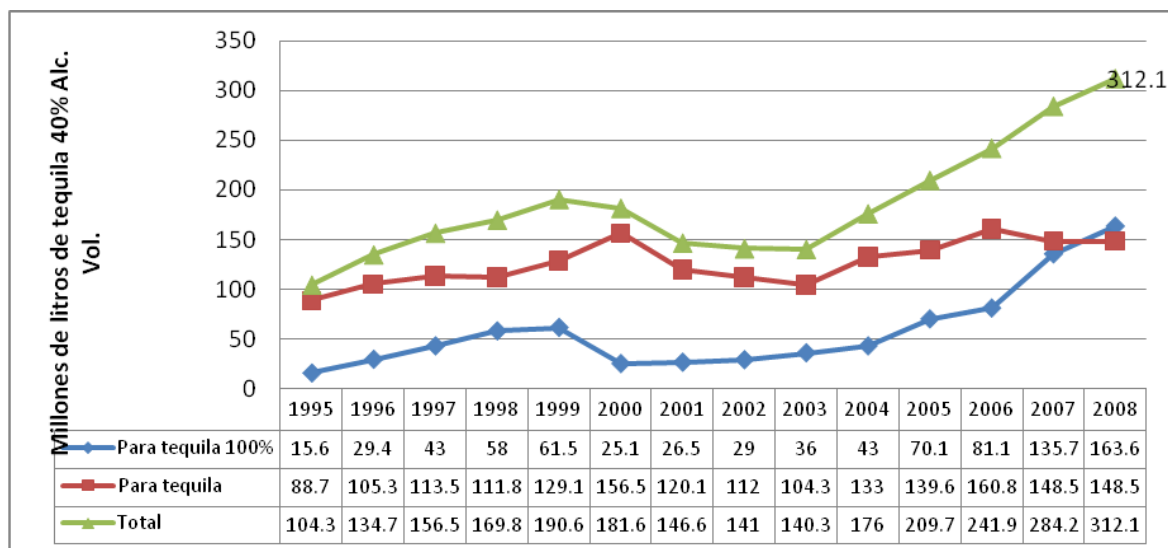


Figura 1.2. Producción total de tequila, tequila 100 % y tequila, volúmenes expresados en millones de litros (CRT, 2009a; CRT, 2008c).

A pesar del crecimiento en los últimos años de la producción de agave y de tequila, existen factores que afectan el comportamiento de la cadena productiva agave-tequila, como la pérdida de mercado del tequila por bebidas apócrifas ofrecidas por el sector informal en México y el extranjero, abandono del cultivo por la caída de precios y escasez de agave en los años 2000-2003 y la proliferación de problemas fitosanitarios (CRT, 2009a). En materia de fitosanidad no existe una zona libre al 100 %. Las plantas cultivadas en las zonas de la Ciénega, Centro y Tequila, en el estado de Jalisco, tuvieron en 2008 valores mayores a 40 % de síntomas de enfermedad, siendo la pudrición de tallo la principal enfermedad (CRT, 2008c). Con la creación del CRT, se iniciaron los inventarios de agave, se incorporó personal capacitado, se fortaleció la protección a la DOT y el desarrollo de proyectos de investigación, tanto en campo como en la industria para el desarrollo de la cadena productiva agave-tequila.

1.4. Plagas y enfermedades del agave tequilero

El agave como cualquier otro cultivo presenta plagas, enfermedades y malezas, que afectan directa o indirectamente su calidad dependiendo del estado fenológico de

la planta, inóculo e individuos presentes (CRT, 2005). Algunas plagas no sólo causan daños directos a las plantas sino que además favorecen la entrada de organismos fitopatógenos que acentúan las pérdidas económicas (CRT, 1997; Hernández *et al.*, 2005, citado por Pérez y Rubio, 2007).

Algunos autores dividen en tres grupos a las plagas insectiles que atacan al cultivo del agave: las rizófagas, barrenadoras y del follaje. Entre las plagas que se alimentan de las raíces de las plantas, existen larvas de varias especies de escarabajos, conocidas como “gallinas ciegas” (Coleoptera: Melolonthidae), que pueden llegar a ser plagas importantes en diferentes cultivos y partes del mundo. Existen especies predominantes y de distribución cosmopolita de los géneros *Cyclocephala*, *Anomala* y *Phyllophaga*. Lugo (2007) reportó a *Cyclocephala comata*, *Phyllophaga ravidia*, *Phyllophaga misteca*, *Phyllophaga polyphylla*, *Anomala hoepfneri* como especies asociadas al cultivo del agave, siendo las dos primeras las más abundantes. En el segundo grupo se incluye a insectos cuyas larvas perforan y se alimentan de la piña provocando la muerte parcial o total de la planta. Al respecto, González *et al.* (2007) mencionan al escarabajo rinoceronte *Strategus aloeus*, al picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus*, al cerambicido del agave *Acanthoderes funeraria*, al barrenador de pencas *Agathymus rethon* y al gusano blanco del agave *Aegiale hesperiaris*. En el tercer grupo se incluyen insectos que se alimentan del follaje y generalmente son consideradas plagas secundarias, como el piojo harinoso *Pseudococcus* sp., la escama armada *Acutaspis agavis*, la chinche del agave *Caulatops agavis* y varias especies de chapulines de la familia Acrididae y Tettigonidae, (González, *et al.*, 2007; Pérez y Rubio, 2007). Todos estos insectos demeritan en forma importante la calidad de la planta y reducen el vigor al alimentarse de las raíces, tallo y follaje, ocasionando un debilitamiento de la planta y la posible muerte de la misma.

Además de los insectos plaga antes mencionados, existen problemas por enfermedades señaladas como abióticas provocadas por factores físicos (heladas, exceso o carencia de humedad en el suelo, oxígeno inadecuado en el suelo y granizadas) y factores químicos como desbalances nutrimentales que provocan deficiencias de elementos nutritivos a las plantas.

Por otra parte existen enfermedades causadas por microorganismos como la mancha gris *Cercospora*, sp., mancha anular *Didymosphaeria* sp., marchitez del agave (asociada a *Fusarium* spp.) y la pudrición del cogollo, la cual se relaciona a bacterias como *Erwinia carotovora* y *Pseudomonas* (Aquino *et al.*, 2006; Rubio, 2007). Además de los estudios realizados en hongos y bacterias en el género agave existe el grupo de los nemátodos con especies fitopatógenas o transmisoras de enfermedades, en este caso Bruner (1963, citado por Luna, 2001) menciona y describe a varios nematodos de los géneros *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Hoplolaimus*, *Xiphinema*, *Criconemoides* y *Hemicriconemoides* que atacan al maguey pulquero *A. atrovirens*.

1.4.1. El picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal.

El picudo del agave es coleóptero de la superfamilia Curculionoidea la más numerosa de este orden y que cuenta con más de 60,000 especies (Thompson, 1992). Es plaga importante de la yuca (*Yucca* spp.) y varias especies de agaves como el pulquero (*A. salmiana*), azul (*A. tequilana*), pita (*A. americana*) empleado como ornamental, sisal (*A. sisalana*) empleado para la obtención de fibra de sisal y el henequén (*A. fourcroydes*) utilizado para la obtención de fibra dura para la elaboración de hamacas, cuerdas, bolsas y tapetes (Peniche, 1985; Valdez *et al.*, 2004). En este último cultivo, el picudo del agave es conocido como el “max” del henequén, ya que demerita la calidad y cantidad de la fibra (Halffter, 1957).

El picudo del agave es originario de América, posiblemente de México, en donde existe la mayor diversidad de sus plantas hospederas. Actualmente, se encuentra en algunos países de África, Asia y Oceanía. En Europa se considera una especie cuarentenada (EPPO, 2005). Se encuentra ampliamente distribuido en agaves silvestres y cultivados desde el sur de E.U.A. (Incluido Hawaii) hasta Brasil, Borneo, Java, Australia y África, donde se considera plaga clave de agaves de importancia económica (Vaurie, 1971; Solís *et al.*, 2001).

En México está presente en los estados de Jalisco, Tamaulipas, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, Yucatán, y Sonora, ocasionando pérdidas en plantaciones comerciales de varios cultivos de agaves (Halffter, 1957; Solís *et al.*, 2001)

y en el estado de Morelos es plaga del cultivo del nardo *Poliantes tuberosa* (Camino *et al.*, 2002).

Los huevos del picudo del agave son de color blanco-perla de forma ovoide-alargada, con una longitud de 1.3 a 1.7 mm y diámetro de 0.50 a 0.60 mm, con corion suave y delgado.

El periodo de incubación varía de 3 a 7 días. Las larvas son de color blanco-lechoso y apodas, presentan cuerpo curvado y arrugado. El último segmento abdominal presenta dos procesos carnosos, cada uno con tres setas, de las cuales dos están en posición central. Las larvas completamente desarrolladas miden 18 mm de largo, con cabeza dura y mandíbulas fuertes.

La duración del estado larval es variable, por ejemplo, en maguey pulquero (*A. atrovirens*) tiene tres estadios larvales y requiere de 58 días en promedio para su desarrollo. En el sisal (*A. sisalana*) el picudo pasa por cinco estadios, que requieren de 21 a 58 días; mientras que en el henequén (*A. fourcroydes*), la larva del picudo pasa por 11 estadios y requieren de 108 días (Lock, 1969; Siller, 1985; Ramírez, 1993).

La pupa es tipo exarata, con una duración de 12 a 14 días; al inicio es de color blanco, posteriormente adquiere un color amarillo y finalmente se torna de color negro. Los paquetes alares, patas y pico se ven a los lados y bajo la superficie del cuerpo (Lock, 1969; Ramírez, 1993).

El adulto es de color negro, mide de 12 a 15 mm en promedio, con una fina puntuación en todo el cuerpo; sus élitros son estriados y sin pubescencias; pico casi recto, funículo antenal de seis segmentos, el mazo antenal no es visible lateralmente; el escutelo es pequeño y ápice de los élitros truncados; la fórmula tarsal 5-5-5, con el tercer segmento bilobulado, y el último tarso con uñas simples. Abdomen compuesto por 10 segmentos, aunque ventralmente sólo cinco segmentos (esternitos) son visibles, dorsalmente son visibles ocho (terguitos), el resto de los segmentos se encuentran plegados dentro del cuerpo y modificados en los órganos de reproducción (Siller, 1985; Booth *et al.*, 1990) (Figura 1.3a y b). Las hembras ovipositan cuatro huevos por mes y de 25 a 30 durante su vida (Ruíz *et al.*, 2008).

La proporción sexual es 1:1.2 (hembras-machos), sin embargo, en plantaciones comerciales de agave tequilero de Amatitán y Ahualulco, Jal., se ha encontrado,

mediante muestreo directo de plantas de agave infestadas de picudo, que la proporción sexual del picudo del agave es de alrededor de 1:1 durante todo el año (Figuroa, 2009). El sexo de los adultos se diferencia morfológicamente en el último segmento abdominal en vista ventral, en la hembra es angosto y puntiagudo y en el macho es truncado y romo. La abertura de la genitalia en el macho es en forma de media luna; mientras que en la hembra es en forma de ranura para la recepción del edeago (Figura 1.3 c) (Siller, 1985; Ramírez, 1993).

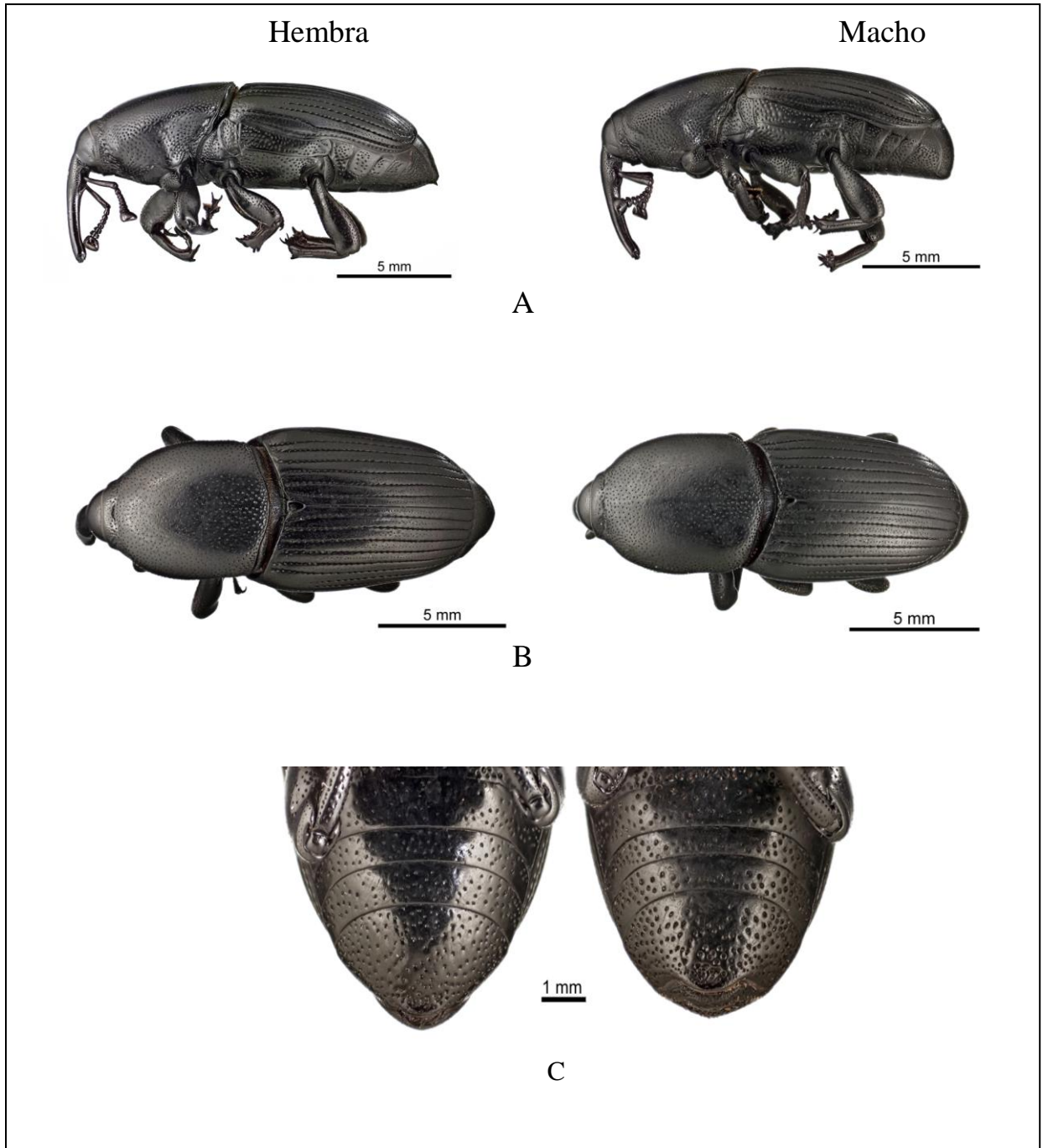


Figura 1.3. Dimorfismo sexual del adulto del picudo del agave. Vista lateral (A), vista dorsal (B) y diferenciación morfológica del último segmento abdominal (C). Cortesía de Jorge Valdez Carrasco, 2010.

El ciclo biológico del picudo del agave desde huevo hasta adulto es de 81 días, aunque puede variar en función del medio ambiente y los factores nutricionales (Hill,

1983; Siller, 1985; Ramírez-Choza, 1993). En este aspecto Rubio Cortés (Comunicación personal, 2010) realizó cuatro ensayos en laboratorio para la obtención de adultos del picudo del agave y obtuvo resultados diferentes. En el primer ensayo los adultos emergieron entre los 86 a 102 días; en el segundo ensayo la emergencia de adultos inició a partir de los 39 días, dejando de emerger a los 95; en el tercer ensayo la emergencia esta inició a los 61 días y terminó a los 111 días y en el cuarto sólo determinó que la emergencia inició a los 54 días. Cabe mencionar que en estos trabajos se contó como población inicial el número de huevos totales colocados en material vegetal para su emergencia.

Los daños de este insecto son provocados por larvas en todos sus instares, debido a que barrenan las piñas mientras que los adultos se encuentran entre la base de las hojas, en el cogollo, en la raíz principal y en infestaciones severas invaden el escapo floral (Aquino *et al.*, 2007). Además, se especula que al entrar en la piña los picudos actúan como transmisores de bacterias como *Erwinia carotovora*. (Fucikovsky, 1999; Rodríguez, 1999). El adulto es activo durante todos los meses del año, (Ramírez, 1993; Pérez, 1980); sin embargo, durante los meses de febrero a julio se presentan los picos de máxima actividad, un poco antes del periodo de lluvias, (Ruíz, 2001; Solís, 2001). Por otro lado, Aquino (2007) encontró en agave mezcalero en la región de los Valles centrales de Oaxaca, México, valores máximos de picudos en los meses de junio a octubre, siendo éste el periodo más húmedo y cálido del año; mientras que Figueroa (2009) obtuvo las mayores poblaciones en los meses de abril, mayo y junio, en las regiones de Ahualulco y Amatitán, Jal.

1.4.2 Enemigos naturales y estrategias de manejo del picudo del agave

Dado que el cultivo del agave tequilero tiene un ciclo productivo largo (6-8 años), se considera conveniente la conservación de enemigos naturales asociados a la plaga (Figueroa, 2009). Se tienen reportes de histéricidos depredadores de larvas como *Hololepta* spp., *Placodes ebeninus*, *Lioderma yucateca* y un parasitoide de larvas, la avispa *Alienoclypeus insolitus* (Hymenoptera: Braconidae) (Haffter, 1957; Lock, 1969). Tanto parasitoides como depredadores pueden regular las poblaciones del picudo dentro de las plantaciones de agave tequilero (Ruíz, 2003).

Para el manejo del picudo del agave se recomienda como medidas fitosanitarias importantes mantener libre de maleza la plantación, evitar las pudriciones, quemar las plantas dañadas y jimar plantas que hayan llegado a su madurez, así como la supervisión del cultivo para detectar la infestación por adultos, reducir las poblaciones del picudo del agave y la dispersión de la enfermedad (Valenzuela, 1997; Arredondo y Espinoza 2005; Solís *et al.*, 2006; González *et al.*, 2007). Se recomienda iniciar alguna estrategia de manejo, en predios de más de 4 años de edad, tan pronto se detecte un picudo por planta en los meses de marzo a abril, que en el caso de la zona de los Altos, son los meses más secos (González *et al.*, 2007).

Hasta el momento se tienen resultados prometedores con el uso de entomopatógenos para el control de adultos del picudo del agave. En pruebas de laboratorio, los hongos *Beauveria bassiana* *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium* sp. fueron efectivos para el control del picudo (Álvarez, 2000; Pacheco, 2002; Aquino *et al.*, 2006).

Dentro del control químico para el picudo del agave se manejan varios productos químicos, pero la efectividad puede no ser alta, ya que el producto aplicado no alcanza completamente a los insectos inmaduros y adultos que se alojan dentro de las plantas (Pérez, 1980; Valdez, *et al.*, 2004).

En el estado de Hidalgo, Pineda (1983) menciona que los insecticidas malation, endosulfan y carbaril, a dosis de 3.5 ml, 2.5 ml y 3 g por litro de agua, respectivamente, asperjados al follaje de maguey pulquero (*A. atrovirens*) dieron buenos resultados en el control de *S. acupunctatus* en este cultivo. En otros estudios, el insecticida forato (Thimet 15 G) resultó el mejor tratamiento contra larvas de picudos, con un 100% de eficacia, mientras que el azinfos metílico (Gusación M-20) y el paratión metílico (Folidol M-50), resultaron los mejores productos contra adultos, con un 97 y 95% de efectividad, respectivamente (Solís, 2001). Sin embargo, el uso indiscriminado de plaguicidas puede ocasionar la aparición de poblaciones de insectos resistentes, además de provocar un impacto negativo a la salud humana, ambiente, enemigos naturales, mantos freáticos y aire (Dietz *et al.*, 1991). Actualmente se estudia el comportamiento de este insecto con objeto de buscar semioquímicos que puedan

utilizarse en el desarrollo de un sistema de monitoreo o trampeo masivo para manejar las poblaciones del picudo del agave.

1.5. Semioquímicos

Se define a los semioquímicos como “señales químicas que transmiten información entre organismos” (Law y Regnier 1971, citado por Solís, 2001; Llanderal, 2000), posteriormente Nordlund y Lewis (1976) los definen como “compuestos químicos involucrados en las interacciones entre los organismos”. Estos autores proponen diferentes categorías para clasificar a los semioquímicos basadas en el tipo de respuesta que los organismos manifiestan al recibir o emitir los compuestos químicos en una interacción específica.

Dependiendo de tipo de interacción que medien, los semioquímicos se clasifican en: feromonas (interacción intraespecífica) y aleloquímicos (interacción interespecífica). Los aleloquímicos a su vez se dividen en alomonas (benefician al emisor), cairomonas (benefician al receptor), y sinomonas (benefician a ambos); mientras que las feromonas se dividen en comportamentales (sexuales, agregación, alarma, ruta, marcaje), y fisiológicas (regulación de castas, inhibición de desarrollo ovárico y sincronización de desarrollo) (Nordlung, 1981; Jutsum y Gordon 1989; Blanco, 1996). En el caso de las feromonas de agregación, éstas tienen varias funciones, entre las que se incluyen el agrupamiento de individuos de ambos sexos en un área determinada, la defensa contra depredadores y los ataques en masa contra un hospedero debilitado; estas agregaciones pueden beneficiar al emisor de diferentes maneras, como por ejemplo, en la defensa de sus depredadores y localización de la pareja (Llanderal, 2000). La detección de las feromonas se lleva a cabo en los órganos sensoriales localizados principalmente en las antenas (Blanco, 1996).

Las feromonas son los semioquímicos más utilizados en el control de plagas, ya que juegan un papel importante en programas de manejo (Ruíz-Montiel, 2003). Estos se pueden usar para monitoreo de insectos o bien como una opción de manejo (interrupción de la orientación) (Rojas *et al.*, 2008). Las feromonas sexuales constituyen los compuestos más estudiados según y Blanco (1996) se pueden utilizar para manipular el comportamiento de insectos por medio de la detección y monitoreo, para

confundir el apareamiento, para reducir las poblaciones mediante el trampeo masivo, así como en la toma de decisiones en la aplicación de otros métodos de muestreo y control.

1.6 Ecología del comportamiento

La ecología química es una disciplina que investiga las interacciones de los organismos mediadas por compuestos químicos. Desde el punto de vista práctico, esta disciplina aporta herramientas que permiten establecer sistemas de trampeo basados en el uso de semioquímicos para atraer y capturar adultos mediante volátiles asociados a las plantas o feromonas asociadas a los insectos, lo que permite conocer la densidad poblacional de una plaga y establecer los umbrales de acción antes de que provoquen daños económicos (González *et al.*, 2006). Estas feromonas intervienen en la comunicación química entre organismos de la misma especie y benefician tanto al emisor como al receptor. Esta comunicación o transmisión de información entre dos organismos, ya sean de la misma o de diferente especie, se da a través de sustancias químicas que pueden ser volátiles o de contacto (Law y Regnier, 1971). El uso de semioquímicos es una opción para integrarse en un manejo integrado de plagas, ya que son compatibles con otros métodos de manejo (Rojas *et al.*, 2008).

1.7 Monitoreo de plagas

Antes de definir un sistema de monitoreo, es importante tomar en cuenta varios factores operacionales, como el atrayente, los liberadores, el diseño y ubicación de trampas, así como la biología de la plaga en estudio ya que afectan el éxito del mismo. Hasta ahora las más utilizadas son las feromonas en forma de cebos en trampas para monitorear la presencia y densidad de una población plaga en programas de manejo (Ruíz, 2003).

1.8 Trampeo con semioquímicos

El uso de trampas con feromonas juegan un papel importante como indicativo de la presencia de una especie, en el monitoreo de la población y en el control de insectos. El trampeo masivo es una herramienta en el manejo de plagas, dirigido a los adultos de forma selectiva, esto con el objetivo de mantener a la población plaga por

debajo de los umbrales económicos (Ruíz, 2003). Bakke y Lie (1989) mencionan que este método está limitado a insectos que tienen ciertos patrones comportamentales y con alta capacidad de respuesta al atrayente.

Las ventajas de este tipo de herramientas son su bajo costo, facilidad de uso, fácil transporte, alta sensibilidad y protección al ambiente, uso de atrayentes en pequeñas cantidades, su inocuidad ecológica, al no dañar a insectos benéficos; sin embargo, su efectividad en campo se puede ver afectada por el tipo de trampa utilizada, el tipo de liberador, la ubicación, densidad de trampas por superficie y las condiciones del clima (Blanco, 1996; Valdez *et al.*, 2004).

La eficiencia de una trampa en la captura de adultos debe cumplir varios requisitos, y depende del tipo de trampa (ya que el diseño se desarrolla con base en los hábitos del insecto), color, tamaño, altura o posición donde va a ser colocada, así como la densidad de trampas utilizadas en un sitio. Además, la trampa debe ser específica, eficiente, de fácil establecimiento y manejo en campo, con larga durabilidad y estabilidad de atrayentes en condiciones naturales para que proporcione información confiable de las características de la población en estudio (densidad, estado fisiológico, número de generaciones), entre otras (Barrera *et al.*, 2006; Rojas *et al.*, 2006).

1.9 Uso de semioquímicos

Los semioquímicos se pueden usar en varias estrategias, incluyendo la detección y monitoreo de plagas, trampeo masivo, atracción y aniquilación y en la interrupción del apareamiento. A continuación se mencionan algunos ejemplos del uso de trampeos con semioquímicos en algunas plagas agrícolas.

Monitoreo y detección. CONCRETAR .Esta es una estrategia que permite la detección y vigilancia de una plaga, para definir cuándo y dónde se deben aplicar medidas de control. En un sistema de monitoreo, las feromonas son las fuentes principales de atracción y permiten la detección temprana de una plaga, para definir áreas infestadas, para la detección de la llegada de plagas cuarentenadas en áreas libres, para la detección de plagas con el fin de diseñar programas de manejo, en la determinación oportuna de medidas de control, y para estimar las tendencias de poblaciones (Rojas *et al.*, 2008).

Para el manejo del picudo rojo de las palmeras *Rhynchophorus palmarum* se han realizado trabajos de trapeo con feromona de agregación para monitoreo de este insecto (Sansano *et al.*, 2008). Para el manejo del picudo algodón *Anthonomus grandis* se utilizan trampas con feromona sintética (Grandlure) para detectar presencia de picudos en el cultivo del algodón en post-cosecha y post-siembra, esta feromona es secretada por el macho y actúa como agente de agregación y atrayente sexual (Sosa *et al.*, 2009). En el caso de insectos forestales se usa la frontalina en combinación con el α -pineno para monitorear al descortezador *Dendroctonus frontalis* (Díaz *et al.*, 2006).

Trampeo masivo. Esta técnica es una herramienta eficiente en el manejo de plagas, ya que además de ser un medio de control dirigido a los adultos de forma selectiva, permite mantener a la población plaga a niveles por debajo del umbral económico (Ruíz, 2003). Este método está limitado a insectos que tienen ciertos patrones comportamentales y con alta capacidad de respuesta al atrayente. Este enfoque se ha evaluado en varias plagas agrícolas y forestales, por ejemplo en Costa Rica se tienen programas para el manejo de la enfermedad anillo rojo del cocotero, donde se incluye el trapeo masivo del vector *R. palmarum*, con lo que se reduce la incidencia de la enfermedad. Otros estudios señalan que en el trapeo masivo de *R. palmarum* y *Metamasius hemipterus* usan una misma trampa, pero esta se abastece con feromonas de agregación para cada especie, además caña de azúcar impregnada con insecticida, a densidad de cuatro trampas ha. Reportan que al inicio existieron altas capturas de *R. palmarum*; mientras que para *M. hemipterus* éstas fueron bajas al inicio, pero aumentaron posteriormente (Chinchilla *et al.*, 1996; 2002; Oehlschlager *et al.*, 2002; Alpízar *et al.*, 2002).

Atracción-Aniquilación. Esta es una estrategia similar al trapeo masivo, ya que el mecanismo consiste en atraer y eliminar la especie objetivo mediante un agente letal que puede ser un plaguicida incluido en la trampa, un patógeno o productos esterilizantes (De Souza *et al.*, 1992, citado por Rojas *et al.* 2008; Barrera *et al.*, 2006; Llanderal, 2000). Los atrayentes pueden ser feromonas u otros semioquímicos. Tanto el atrayente como el agente mortal reciben el nombre de “atracticida”, que puede ser de efecto rápido o lento. Esta estrategia se utiliza en dípteros con resultados satisfactorios. También se pueden utilizar las feromonas en trampas que se pueden

combinar con virus u otros patógenos para que los insectos se contaminen y escapen, de manera que las hembras que se apareen se contaminen con los patógenos, los cuales pasaran a los huevos y ejercerán un efecto letal en las larvas (Llenderal, 2000). Al respecto Curkovic y Brunner (2003) al evaluar el atracticida (Sirene ® CM) para el control de machos de *Cydia pomonella* encontraron que se redujeron las capturas de machos en trampas en campo y se logró el 86% de control.

Interrupción del apareamiento o confusión sexual. Este método consiste en impregnar la atmosfera del área infestada con la feromona sexual sintética del insecto plaga, con el fin de interrumpir o perturbar la comunicación y apareamiento entre los sexos. Rojas *et al.* (2008), mencionan que existen factores que pueden limitar el éxito de esta técnica como la aplicación tardía de la feromona, la inestabilidad de los ingredientes activos, la baja tasa de liberación, poblaciones bajas de enemigos naturales y problemas con el sistema de liberación. Mediante esta técnica de trampeo con feromona sexual sintética Avilés *et al.*,(2004) lograron reducir hasta un 50% las densidades poblacionales de larvas y adultos del gusano soldado *Spodoptera exigua*, y proteger al cultivo por 28 días; que evitaron la aplicación en tres ocasiones de insecticidas. Resultados similares fueron obtenidos por Barrios *et al.*, (2004) con la palomilla de la manzana (*Cydia pomonella*) y comentan que la saturación del ambiente con la feromona dificulta o retrasa el apareamiento, lo que afecta la fecundidad de la hembra.

1.10 Estudios sobre la ecología química del picudo del agave

Ruiz-Montiel *et al.* (2003) estudiaron el comportamiento y comunicación química del picudo del agave y encontraron que los machos liberan una feromona que es atractiva a ambos sexos. Adicionalmente, evaluaron una serie de alcoholes encontrados en las feromonas de otras especies de curculiónidos, de los cuales el 2-metil-4-heptanol y el 2-metil-4-octanol fueron atractivos también al picudo. Sin embargo, los autores desconocían si estos alcoholes eran producidos por los machos del picudo del agave. Posteriormente, Ruiz-Montiel *et al.* (2008) mediante las técnicas de cromatografía de gases acoplada a un electroantenodetector y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas identificaron dos alcoholes y dos cetonas liberados por los machos pero ausentes en las hembras. Los alcoholes fueron

identificados como 2-metil-4-heptanol y 2-metil-4-octanol, y las cetonas como 2-metil-4-heptanona y 2-metil-4-octanona, ésta última cetona fue el compuesto mayoritario de la mezcla emitida por los machos. Pruebas de campo mostraron que todos los compuestos resultaron atractivos de manera individual y en mezclas, pero las mejores capturas se obtuvieron con las dos cetonas (Ceja, 2007; Ruiz-Montiel *et al.*, 2008). Más recientemente, Ruíz-Montiel *et al.* (2009) al investigar en pruebas de laboratorio los factores que afectan la liberación de feromona del picudo del agave, encontraron que la alimentación y la edad son limitantes en la liberación de feromona de este picudo, también comentan que ciertos volátiles vegetales son atractivos a los picudos del agave por si mismos o sinergizan la respuesta de éstos a la feromona. En este sentido, Valdez *et al.* (2004) encontraron cinco compuestos en extractos de henequén atractivos al picudo, los que fueron identificados como 4-etil cumeno, p-metoxi-etil- benceno, 1-metil- 4-(1-metil etil) –ciclohexanol, p- menta-1-5-dien-8-ol y butirofenona. Sin embargo, la actividad biológica de los compuestos identificados no fue evaluada. Espinosa *et al.* (2005) estudiaron varias especies de agaves como atrayentes para el picudo del agave y encontraron que el agave espadín *A. angustifolia*, agave arroqueño *A. americana* y el agave tepeztate *Agave marmorarata* atrajeron un mayor número de picudos del agave. Valdez *et al.* (2005) evaluaron las trampas “Victor trap” y una tipo artesanal “Funnel trap” para la captura del picudo del agave en el cultivo del nardo, en el que incluyeron como atrayente maguey fermentado y piña madura. Encontraron que la trampa “trampa Victor” fue la más atractiva, y que el maguey fermentado atrajo mayor número de picudos. El hecho de que los picudos sean atraídos a los volátiles de fermentación se relacionó con el hábito de atacar plantas dañadas por otros insectos y fitopatógenos (Rojas *et al.*, 2006). Rangel (2007) encontró que los picudos del agave son más atraídos a la base de hoja tanto sana como dañada. En los extractos de la base de hoja dañada identifico 11 compuestos, de los cuales, el limoneno, el linalol y el 3-careno, fueron atractivos al picudo en pruebas de laboratorio. Altuzar *et al.* (2007) al estudiar el comportamiento del picudo del agave a volátiles del *A. tequilana* en pruebas de laboratorio, encontraron que tanto hembras como machos son atraídos al α - pineno, 3-careno, β -terpineno y al linalol a dosis de 1- 10 μ g, mientras que el linalol a dosis de 100 μ g éstos fueron repelidos.

CAPITULO DOS

EFFECTO DE LA PROPORCION Y DOSIS DE LOS COMPUESTOS FEROMONALES EN LA CAPTURA DEL PICUDO DEL AGAVE

2.1 INTRODUCCIÓN

El picudo del agave es considerado un especialista en sus hábitos alimentarios, ya que sólo utiliza plantas pertenecientes a las familias Agavaceae y Dracaenaceae. La mayoría de las plantas hospederas de *S. acupunctatus* tienen una importancia ecológica y ornamental, pero el picudo también ataca a algunas agaváceas como el henequén y el sisal, de las cuales se obtienen fibras y especies de agaves de los que se obtienen bebidas alcohólicas como el pulque, mezcal y tequila. El control de *S. acupunctatus* con insecticidas no ha sido exitoso debido a que las larvas y adultos se alojan dentro de los tejidos, por lo que es poca o nula la cantidad de insecticida que llega hasta el sitio en que se encuentran los picudos (Valdez *et al.* 2004). Debido a lo anterior, es necesario buscar alternativas efectivas de control que puedan ser incluidas dentro de un manejo integrado para este insecto.

El manejo del comportamiento de los insectos plaga a través de semioquímicos, es una alternativa valiosa de explorar con el picudo del agave, ya que varios estudios demuestran que estos compuestos pueden ser útiles en el manejo de diferentes especies de picudos (Alpízar *et al.*, 2002; Oehlschlager *et al.* 2002a y b). Aunque se tienen identificados los compuestos feromonales de *S. acupunctatus*, no se han realizado estudios para determinar su efectividad para monitorear las poblaciones silvestres de picudos.

Por tanto, en este estudio se evaluó el efecto de diferentes proporciones, dosis y combinaciones de las cetonas 2-metil-4-heptanona (C1) y 2-metil-4-octanona (C2), en la captura del picudo del agave, como un primer paso para optimizar un cebo feromonal sintético comercial, que pueda usarse en un sistema de monitoreo, componente básico para un manejo integrado de este insecto.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2. 2.1 Área de estudio

Este estudio consistió de tres experimentos donde se evaluó la concentración y dosis de compuestos feromonales sintéticos para la atracción del picudo del agave.

Se llevó a cabo durante los meses de julio a octubre de 2007, en predios comerciales de agave tequilero *A. tequilana* var. Azul, administrado por Promoción y Fomento del Agave, S. de R.L. de C.V y Casa Herradura. El primer experimento se estableció en una plantación de agave, de cuatro años de edad, superficie de 2.29 ha y 7,154 plantas, denominado Predio “Las Higueras”, código: 013AME1016, fracción: 001, ubicada en Ameca Jalisco. . El predio se encuentra ubicado en la latitud 20° 34´ 26.45” N y 104° 0´41.60” O, y 1,235 m de altitud. La temperatura media anual es de 21.3°C, una precipitación media de 864 mm y un régimen de lluvias de junio a septiembre. Los experimentos dos y tres se establecieron en el Predio “Bajío Norte”, Código 2002 SAP 1168, de 5 años de edad, en El Arenal, Jalisco. Este municipio se encuentra ubicado en las coordenadas 20°42’44” a 20°52’15” N y 103°37’04” a 103°42’45” O, a una altura de 1,450 m., temperatura media anual de 20 °C y precipitación pluvial media de 1,103.6 mm(GEJ, 2008).

2.2.2. Diseño, preparación y mantenimiento de trampas

Para la realización de este trabajo se utilizaron trampas fabricadas bajo el diseño original de Rangel Reyes (2007), éstas consisten en cubetas de plástico color blanco de 5 L de capacidad, con un diámetro de 21 cm y 18.5 cm de altura, con cinco perforaciones laterales, verticales y paralelas de 3 cm de ancho y 8 cm de altura con una separación de la base de 3 cm para permitir la entrada de los picudos y 5 cm de la tapa (Figura 2.1). En el primer experimento, se usaron como liberadores tubos de centrífuga de propileno de 0.5 mL con dos orificios de 1 mm de diámetro en la parte superior del tubo. Estos tubos se cargaron en forma individual con compuesto feromonal sintético en las cantidades de 60 µL de 2-metil-4-heptanona (C1) y 45 µL de 2-metil-4-octanona (C2). En el interior de la cubeta se colocó un bote de plástico transparente de 13 cm de alto por 11 cm de diámetro, con una abertura en la tapa de 16 cm² cubierta con tela mosquitera de plástico de 15 hilos x 2.54 cm², dentro de este

bote se colocaron los liberadores (Figura 2.1 A). Para los otros experimentos se emplearon liberadores tipo bolsa de 7 x 5 cm que se cargaron con feromona de agregación sintética y mezclas de las cetonas en diferentes proporciones y dosis, los liberadores se sellaron por ambos extremos para evitar la pérdida de feromona. Los compuestos feromonales fueron proporcionados por FeroComps (México, D. F.). Los liberadores se colgaron con un gancho de alambre del centro de la tapa de la cubeta (Figura 2.2A). Además en la base de cada cubeta se colocaron trozos (100 g) de material vegetal, obtenido de la base de las pencas de agave con apariencia sana. En los tratamientos que contenían picudos machos vivos, el material vegetal se dividió en dos partes para disponer 50 g en el bote con los picudos y 50 g en la base de la trampa. Las trampas que contenían picudos (10 machos vivos) como fuente de atracción se revisaban diariamente y los picudos muertos se reemplazaban por insectos vivos. Tanto las paredes de las trampas como los fragmentos de agave, se impregnaron con 15 mL de paratión metílico a una concentración de 3 mL/L de agua, utilizando un aspersor manual de un Lt para evitar la salida de los picudos que entraron a las trampas. Posteriormente, se colocó la tapa de la cubeta (Figura 2.2B). Las trampas se colocaron a nivel del suelo, en la base de la planta y dentro de la hilera del cultivo. Las trampas se revisaron durante 15 días, se recolectaron y registraron los insectos capturados por trampa; tanto el tejido de agave como el insecticida fueron reemplazados a los siete días, después de la revisión diaria, las trampas se cambiaron de posición dentro de cada bloque con el objetivo de evitar sesgo de capturas por la ubicación de trampas. Los picudos capturados en cada trampa, se colectaban por separado en bolsas ziploc y se trasladaron al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Edo. México para que con la ayuda de un microscopio estereoscópico, determinar el sexo con base en la forma del último segmento abdominal (Ramírez- Choza, 1993).



Figura 2.1. Trampa utilizada en la evaluación de compuestos feromonales (Diseño de Rangel-Reyes, 2007). Bote con tubos de centrífuga cargados con feromona para colocarse en trampa (A), trampa con material vegetal y bote con insectos macho utilizado como testigo (B).

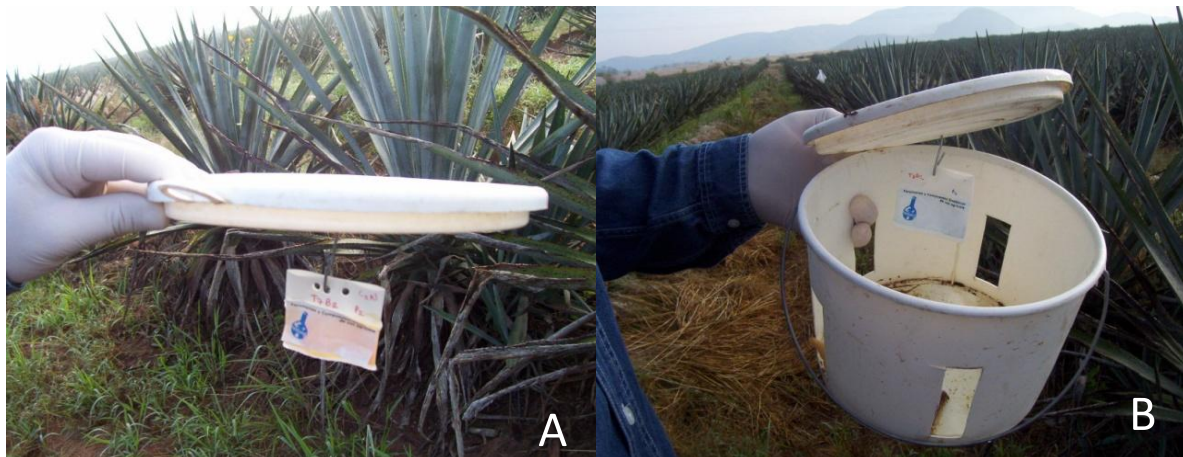


Figura 2.2. Liberador con mezcla de feromona sintética en tapa de trampa para la evaluación de la captura del picudo del agave (A), tapa con liberador de feromona sintética en trampa (B).

2.2.3. Descripción y diseño de experimentos

En todos los experimentos la colocación de las trampas tuvo un arreglo en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, con una separación entre bloques (hileras) de 12 m y 10 m entre trampas (tratamientos) para el primer experimento y de 20 m entre trampas y 21 m entre bloques para el experimento dos y tres. Las trampas

se colocaron a nivel del suelo en la base de la planta y dentro de la hilera. La primera trampa de cada bloque se colocó a una distancia de 10 m dentro de las líneas de la plantación, con el objetivo de eliminar el efecto de borde.

Para la distribución tanto de bloques como tratamientos se utilizó una tabla de números aleatorios. Los compuestos que se evaluaron fueron: C1 (2-metil-4-heptanona) y Cetona 2 (2-metil-4-octanona) a diferentes dosis y proporciones (Cuadro 2.1). Se contó con un testigo, el cual incluía 10 picudos macho más 100 g de agave obtenido de la base de las pencas. Para el experimento uno se utilizó tubos de centrífuga cargados con compuesto feromonal sintético en las cantidades de 60 μL de 2-metil-4-heptanona (C1) y 45 μL de 2-metil-4-octanona (Cetona 2), para los experimentos dos y tres se utilizaron concentraciones de 200, 350 y 500 mg.

Cuadro 2.1. Descripción de tratamientos utilizados en cada experimento.

Tratamientos	Experimentos		
	1. C1+C2 (60 µL + 45 µL)	2. C1+C2	3. C1+C2
T 1	1:1**	1:1**(50mg)	1:1 **(200mg)
T2	2:1	2:1	1:4
T3	1:2	4:1	1:1 (350 mg)
T4	4:1	1:2	1:4
T5	1:4	1:4	1:1 (500 mg)
T6	10 picudos macho (testigo)	1:1 (100 mg)	1:4
T7		2:1	C2 (200mg)
T8		4:1	C2 (350mg)
T9		1:2	C2 (500mg)
T10		1:4	10 picudos macho (testigo)
T11		1:1 (150mg)	
T12		2:1	
T13		4:1	
T14		1:2	
T15		1:4	
T16		10picudos macho (testigo)	

*En todos los tratamientos se agregaron 100 g de tejido de agave obtenido de la base de pencas. C1 (2-metil-4-heptanona) y Cetona 2 (2-metil-4-octanona). ** Proporciones.

2.2.4. Análisis estadístico

Los datos del número de picudos capturados por trampa se analizaron mediante el procedimiento GLM y cuando en el tratamiento se encontró un efecto significativo, se aplicaron contrastes. Mientras que para evaluar si existía un diferencia sexual en la proporción de los picudos capturados, se aplicó una regresión logística con PROC LOGISTIC mediante paquete estadístico SAS Institute, 2002 versión 9.0).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Experimento 1. Evaluación de los compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 (C1: 60µL) y Cetona 2 (C2: 45 µL), en la atracción del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal.

En este experimento, el promedio de picudos capturados fue significativamente influenciado por el tratamiento evaluado ($F=3.71$, $GL= 5,15$ $P=0.0219$). En las trampas cebadas con las diferentes proporciones de C1 y C2 se capturaron un mayor número de picudos, en comparación con la captura en trampas cebadas con machos adultos ($T1+T2+T3+T4+T5/5=T6$) ($GL=1,15$, $P=0.0109$) (Figura 2.3).

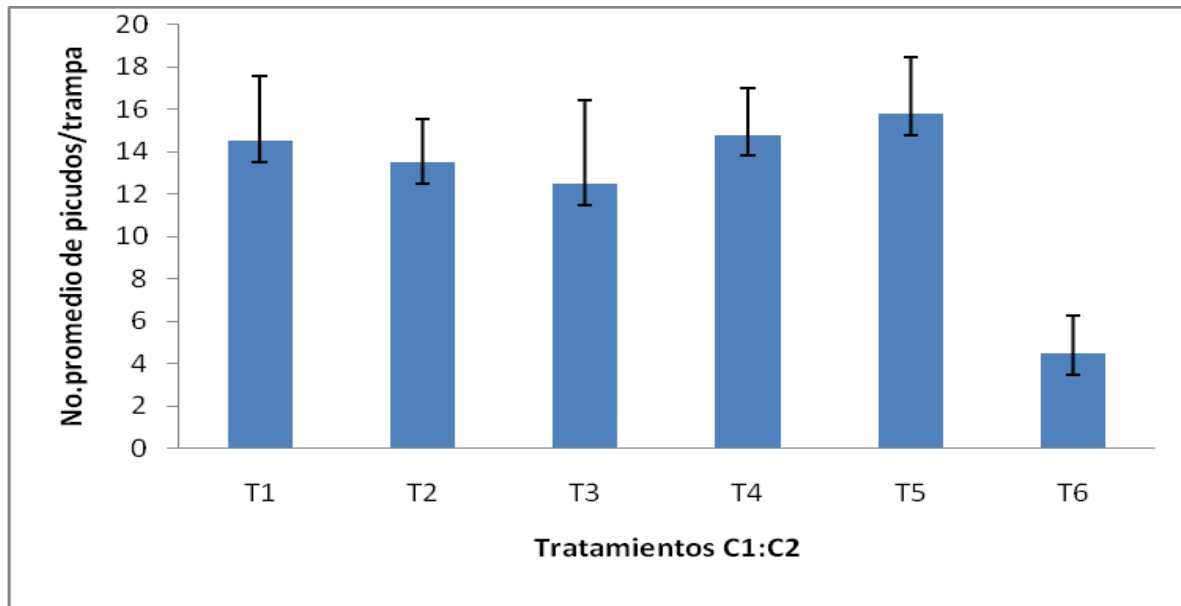


Figura 2.3. Número promedio ($\pm EE$) de picudos capturados en trampas con feromona de agregación sintética C1=60 µL: C2 =45 µL en proporciones de T1,1:1; T2, 2:1; T3, 1:2; T4, 4:1; T5, 1:4 y T6 (10 picudos macho). Predio los Pitayos, Ameca, Jal. Méx. 2007.

Consistentemente, en este experimento en las trampas cebadas con los compuestos sintéticos se capturaron un mayor número de hembras. Los tratamientos T1 (1:1), T3 (1:2) y T4 (4:1) capturaron la mayor proporción de hembras, mientras que las trampas cebadas con machos vivos (T6) capturaron un número similar de hembras y machos (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones del compuesto feromonal (C1 y C2), estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia de 5%. Ameca, Jalisco. Predio los Pitayos. 2007.

Tratamientos (proporciones)	% Hembras capturadas
T1 1:1	87.00
T2 2:1	74.50
T3 4:1	78.54
T4 1:2	81.25
T5 1:4	84.35
T6 Machos	55.87

2.3.2 Experimento 2. Evaluación de compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 + Cetona 2, dosis de 50, 100 y 150 mg, en la atracción del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal.

En este trabajo se observó diferencias al contrastar los tratamientos que contenían las trampas cebadas con las diferentes proporciones a dosis de 50 mg y trampa con picudos adultos machos vivos (T1+T2+T3 +T4+T5) /5 =T16) (P=0.0004). De igual forma se observó diferencia al contrastar los tratamientos que contenían la mezcla de feromona en dosis de 100 mg comparada con la trampa que contenía sólo machos (T6+T7+T8+T9+T10) /5=T16) (P=0.0320). Los contrastes indican diferencia entre las trampas cebadas con dosis de 50 mg comparadas con los tratamientos a dosis de 100 mg (T1+T2+T3+T4+T5=T6+T7+T8+T9+T10) (P=0.0360). En general las trampas cebadas en dosis de 100 mg en proporción de 1:4 (T10) y dosis de 50 mg en proporción de 1:2 (T4) capturaron numéricamente más picudos por trampa, con promedios de 14.5 y 11.25 picudos, respectivamente, seguidos de la trampa que incluía picudos macho vivos, con promedio de captura de 11 picudos por trampa (Figura 2.4).

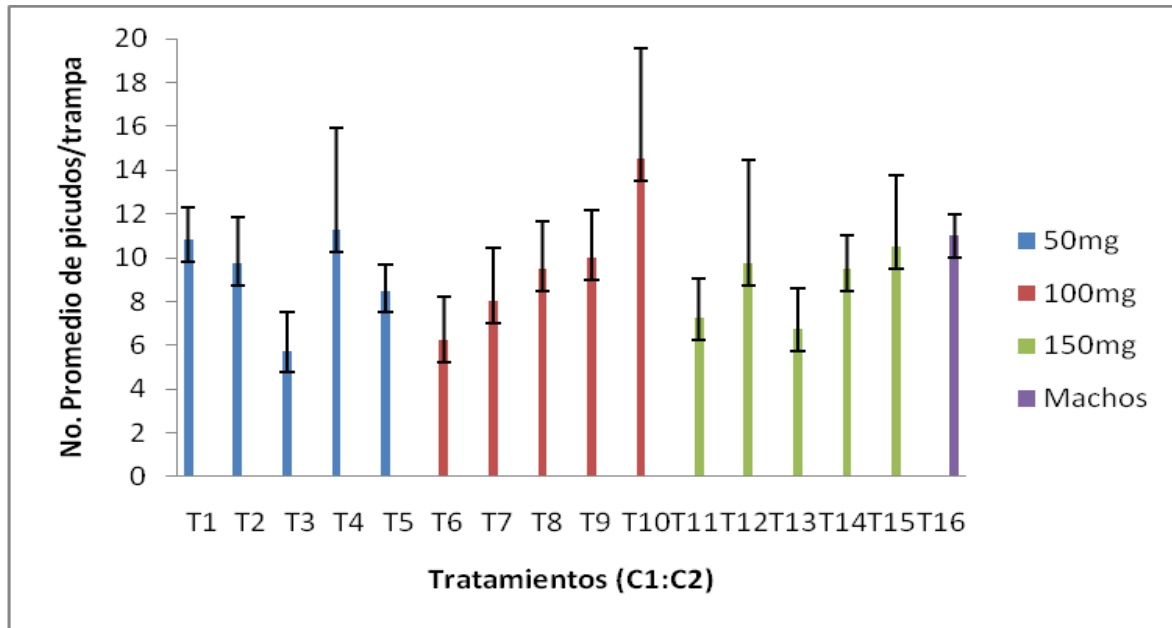


Figura 2.4. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas cebadas con diferentes dosis y proporciones de cetonas (C1 y C2), proporciones de T1, 1:1; T2, 2:1; T3, 4:1; T4, 1:2; T5, 1:4 dosis de 50 mg, T6, 1:1; T7, 2:1; T8, 4:1; T9, 1:2; T10, 1:4 en dosis de 100 mg , T11, 1:1; T12, 2:1; T13, 4:1. T14, 1:2; T15, 1:4 y T16 (10 picudos macho). Predio “Bajío Norte”, El Arenal, Jal. 2007.

Los resultados obtenidos en este experimento también resultaron en una mayor proporción de captura de hembras. La mayor proporción de hembras capturadas se logró con las trampas cebadas con las proporciones 1:2 (T4) y 1:4 (T5) con la dosis 50 mg, así como con la dosis de 150 mg en proporción de 1:2 (T14), aunque estos tratamientos no presentaron las mayores capturas. La menor captura de hembras se obtuvo en el tratamiento de los picudos macho vivos (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones y dosis de feromona sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5%. Predio “Bajío Norte”. El Arenal, Jal. 2007).

Proporción de cetonas 1 y 2	Dosis de cetonas	Hembras capturadas (%)
T1 1:1	50	70.5
T2 2:1		79.2
T3 4:1		78.4
T4 1:2		88.9
T5 1:4		88.5
T6 1:1	100	64.7
T7 2:1		75.3
T8 4:1		69.0
T9 1:2		77.0
T10 1:4		75.9
T11 1:1	150	78.6
T12 2:1		71.3
T13 4:1		72.7
T14 1:2		86.8
T15 1:4		77.2
T16 Machos		55.7

2.3.3 Experimento 3. Evaluación de compuestos feromonales sintéticos Cetona 1 + Cetona 2, dosis de 200, 350 y 500 mg, en la atracción del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal.

En el experimento 3, el número de picudos capturados fue significativamente afectado por los tratamientos ($F= 10.81$, $GL= 9,27$, $P=0.0001$). Al aplicar contrastes, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos donde se mezclaron las dos cetonas y los tratamientos que sólo contenían a la C2 a las dosis de 200, 350 y 500 mg, los cuales capturaron los mayores promedios de picudos (Figura 2.5).

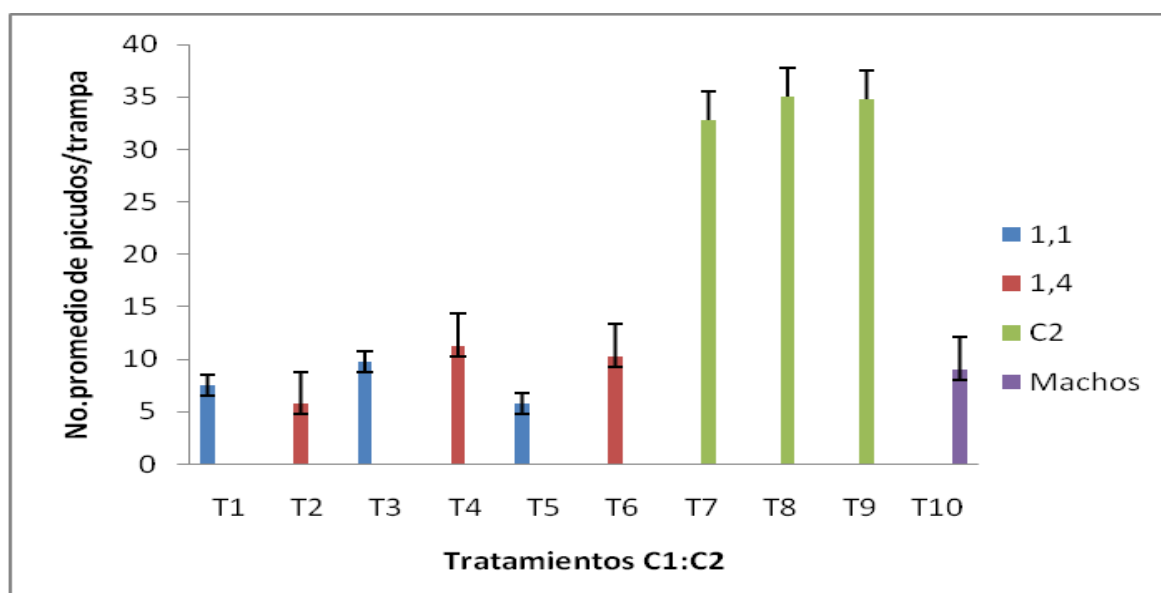


Figura 2.5. Número promedio (\pm EE) de picudos del agave capturados en trampas cebadas con tres dosis y proporciones de cetonas (C1 y C2), proporciones de T1, 1:1, T2, 1:4 en dosis de 200 mg, T3, 1:1; T4, 1:4 dosis de 350 mg, T5, 1:1; T6, 1:4 en dosis de 500 mg, T7, C2 (200 mg); T8 C2 (350 mg); T9 C2 (500 mg) y T10 (10 picudos macho). Predio “Bajío Norte”, El Arenal, Jal. 2007.

En este experimento también se capturaron más hembras que machos con los cebos feromonales sintéticos, particularmente con los tratamientos T6 (1:4 de C1+C2) a 500 mg, T8 y T9 de C2 a 350 y 500 mg. Por el contrario, el tratamiento con la menor proporción de hembras capturadas se presentó en el tratamiento que incluía los picudos adultos macho vivos (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Proporción de hembras de *S. acupunctatus* capturadas en trampas cebadas con diferentes proporciones y dosis de feromona sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5%. Predio Bajío Norte, El Arenal, Jal. 2007.

Proporción de cetonas 1 y 2	Dosis de cetonas	Hembras capturadas (%)
T1 1:1	200	79.9
T2 1:4		85.0
T3 1:1	350	79.0
T4 1:4		84.2
T5 1:1	500	83.5
T6 1:4		91.0
T7 C2	200	87.0
T8 C2	350	90.6
T9 C2	500	92.0
T10 Machos		58.7

2.3.4 DISCUSIÓN

Las feromonas han demostrado ser una herramienta eficiente, en tiempo y forma, para manejar insectos plaga, ya que sólo atraen al insecto específico. En la familia Curculionidae, comúnmente el macho es quien libera la feromona de agregación (Bartelt, 1999), como ocurre en el picudo del agave (Ruiz-Montiel *et al.*, 2003, 2008), el picudo del banano *Cosmopolites sordidus*, el picudo de la caña de azúcar *Metamasius hemipterus sericeus* y el picudo de la palma de coco *Rhynchophorus palmarum* L. (Chinchilla y Oehlschlager, 1992; Weissling *et al.*, 1993; Pérez *et al.*, 1997; Bartelt, 1999). En el picudo del algodón *A. grandis*, el macho es quien libera la feromona, la cual atrae principalmente a hembras (Hedin *et al.*, 1979). En contraste, las hembras del picudo del camote *Cylas formicarius* son las que liberan la feromona (Jansson *et al.*, 1991).

En el presente estudio se determinó que las diferentes proporciones probadas de las cetonas C1 y C2, no afectaron las capturas de las trampas cebadas. De hecho, las trampas cebadas con la C2, dieron mejores capturas que la combinación de las dos

cetonas. Desde el punto de vista práctico, el hecho de que un sólo compuesto sea suficiente en la atracción de los picudos resulta conveniente, ya que reducen los costos de producción de un cebo comercial. En *M. hemipterus sericeus* se ha encontrado que altas proporciones de 3-pentanona, 2-metil-4-heptanona, 2-metil-4-octanona y 4-metil-5-nonanona ó 3-pentanol, 2-metil-4-heptanol, 2-metil-4-octanol y 4-metil-5-octanol, reducen la captura de este picudo (Giblin-Davis *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 1997). En experimentos de campo con trampas cebadas con diferentes proporciones de (4S)-cis-verbenol y 2-metil-3-buten-2-ol, que son los componentes feromonales de *Ips typographus*, se encontró que las mayores capturas de hembras ocurrieron en trampas cebadas con una mayor proporción del primer componente (Jakus y Blazenec, 2002). Con respecto al factor de las dosis evaluadas, los resultados del presente trabajo muestran que la dosis no afectó la captura en trampas cebadas con la feromona de *S. acupunctatus*. En contraste, en otros escarabajos se ha encontrado una respuesta dependiente de la dosis (Bartelt *et al.*, 2004; Reddy *et al.*, 2005). En *Carpophilus mutilatus* las trampas cebadas con 50 a 15,000 µg de su feromona sintética fueron más atractivas que el control y la captura se incrementó conforme se aumentaba la dosis (Bartelt *et al.*, 2004).

Los resultados del presente trabajo también muestran que las trampas cebadas con los compuestos sintéticos capturan significativamente más hembras que machos. En contraste, las trampas cebadas con machos vivos capturaron un número similar de hembras y machos. Esto sugiere que las dosis usadas afectaron el comportamiento de las hembras. Generalmente, los machos de *S. acupunctatus* liberan de 0.35 a 2.9 ng de la C2 en 15 min de muestreo (Ruiz-Montiel *et al.*, 2009).

El hecho de que la trampa con la feromona sintética capture más hembras que machos, ya había sido reportado en otros estudios con *S. acupunctatus* (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008; García-Coapio, 2009). Una posible explicación a estos datos sería que al momento de realizar los experimentos hubiera en el campo más hembras que machos. Sin embargo, en plantaciones comerciales de agave tequilero de Amatitán y Ahualulco, Jal., se ha encontrado, mediante muestreo directo de plantas de agave infestadas de picudo, que durante todo el año la proporción sexual del picudo del agave es de alrededor de 1:1 (Figuroa-Castro, 2009). En un sistema de trampeo masivo, el

potencial para reducir la población de picudos sería mayor, si preferencialmente se capturaran más hembras que machos (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008).

En todos los tratamientos evaluados fue necesario colocar material vegetal en las trampas como complemento en el sistema de atracción de los picudos, ya que se ha observado que las feromonas sintéticas y los volátiles del agave, por separado, no ejercen tal poder de atracción en los picudos del agave a nivel de campo (García-Coapio, 2009). Al respecto, Jaffé *et al.* (1993) mencionan que para que sinergizar la feromona de agregación del picudo del cocotero, es necesaria la presencia de los volátiles de la planta hospedera, ya que la liberación de la feromona de agregación por curculiónidos, ocurre justo cuando éstos se alimentan del sustrato (Bartelt, 1999). Por su parte, Chinchilla y Oehlschlager (1992) describen diseños de trampas para *R. palmarum*, en las cuales es esencial la presencia de la feromona de agregación y una fuente de alimento para hacer más eficientes las capturas.

Si bien en el presente estudio se ha investigado el efecto de la dosis y las proporciones de los compuestos feromonales en la captura del picudo del agave, otros factores deben ser evaluados antes de establecer un sistema operacional basado en la feromona de *S. acupunctatus*. Por ejemplo, se necesita conocer el efecto de la tasa de liberación del componente feromonal sobre la captura, así como la influencia del tipo y color de la trampa, la altura a la que esta se debe colocar y la densidad óptima de trampas para evitar interferencia entre ellas. También será necesario identificar los compuestos del agave que potencializan la respuesta de los picudos a la feromona de agregación para incorporar los compuestos sintéticos al sistema de trampeo. El uso de una kairomona sintética en lugar del tejido de agave reduciría el tiempo y los costos de mano de obra asociados con el mantenimiento del trampeo. Por último, será recomendable obtener más información acerca de la biología del picudo y de la influencia de las condiciones ambientales sobre el comportamiento de *S. acupunctatus*. Hasta ahora no se sabe a qué distancia pueden desplazarse los picudos y como contribuye el clima en su dispersión. En una especie relacionada, *Scyphophorus yuccae*, se encontró que los adultos se mueven constantemente de plantas hospederas sin floración a plantas en floración, que tienen la capacidad de desplazarse entre 10 y 33 m y que usan la dirección del viento para dispersarse (Huxman *et al.*, 1997).

El hecho de haber capturado más hembras que machos y la posibilidad de usar sólo un componente de la feromona de agregación, permiten vislumbrar el uso potencial de dichos compuestos en un sistema de trapeo con fines de monitoreo, dentro de un programa de manejo integrado del picudo del agave.

CAPITULO TRES

FACTORES QUE AFECTAN LA CAPTURA DEL PICUDO DEL AGAVE EN TRAMPAS CEBADAS CON FEROMONAS

3.1 INTRODUCCION

Las trampas cebadas con atrayentes son una herramienta cotidiana en programas de manejo integrado de plagas, su uso se incrementó a partir del descubrimiento, aislamiento y síntesis de las feromonas y de otros atrayentes que regulan el comportamiento de los artrópodos, en particular de los insectos (Barrera *et al.*, 2006). Los sistemas de trapeo tienen especial aplicación en la detección y monitoreo de plagas, pues brindan información que facilita la toma de decisiones de control.

El trapeo es una herramienta básica en el manejo de una plaga, en los estudios de ecología y comportamiento, donde es necesario crear modelos de predicción que ayuden a determinar las densidades poblaciones de los insectos en un sistema agrícola. El diseño de la trampa es muy importante y debe estar estrechamente relacionado con los hábitos del insecto. En el mismo está involucrados una serie de factores que permiten obtener mayor eficiencia en el sistema de trapeo como son entre otros, el color, forma y textura de las trampas, el tipo de liberadores, la ubicación de trampas y los tipos de atrayentes (Ruiz-Montiel, 2003; Rojas *et al.*, 2008). El uso directo de trapeo masivo en el control de plagas ha sido exitoso con varias plagas. En el caso del picudo del agave estudios muestran que dosis de C2 (350mg) de la feromona de agregación atrae más hembras que machos y que los machos de *S. acupunctatus* liberan de 0.35 a 2.9 ng de C2 en 15 min de muestreo (Ruiz-Montiel *et al.*, 2009).

En el presente estudio se investigó el efecto del diseño, color y altura de la trampa, y edad del tejido agave, sobre las capturas del picudo del agave con trampas cebadas con feromona de agregación sintética. Adicionalmente, también se determinó el radio de acción de la feromona y la actividad diaria de los picudos del agave en respuesta a su feromona.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Área de estudio

Este trabajo consistió de siete experimentos donde se evaluaron algunos componentes dentro de un sistema de trapeo con feromonas de agregación como son la distancia entre trampas, la altura de colocación de trampas, el tipo de trampa, el cambio de material vegetal en trampas, la evaluación de la respuesta mediante la técnica de captura-marcaje- liberación y recaptura de picudos adultos, los colores de trampas y la evaluación de la llegada de picudos adultos a trampas en diferentes horas del día. Este trabajo se desarrolló de noviembre de 2007 a junio de 2010, en predios comerciales de *A. tequilana* var. Azul, administrados por Promoción y Fomento del Agave, S. A de R. L. de C. V y Casa Herradura. Los experimentos uno y dos se establecieron en una plantación de agave, de cinco años de edad, en el Predio “Bajío Norte”, Código 2002 SAP 1168, administrado por casa Herradura, ubicado en El Arenal, Jalisco. Este municipio se ubicada en las coordenadas 20° 42' 44" a 20° 52' 15" N y 103° 37' 04" a 103° 42' 45" O, a 1,450 m de altitud, temperatura media anual de 20°C y precipitación pluvial media de 1,103.6 mm. Los experimentos tres, cinco y seis se establecieron en una plantación comercial de agave tequilero de siete años de edad, Predio “Loma Norte” ubicado en el Municipio de Amatitán, Jal., administrado por casa Herradura. Este municipio se sitúa en las coordenadas 20° 42' 30" y 20° 55' 15" N y 103° 37' 40", 103° 49' 30" O, a 1260 msnm, con una temperatura media anual de 26.1 °C, y precipitación media anual de 951.7 mm. Los experimentos cuatro y siete se establecieron en el predio “Los Colgados” de 8 ha y cuatro años de edad, administrado por tequila Sauza, localizado en el municipio de Tequila, Jal. Este municipio se localiza en las coordenadas 20° 25' 00" a 21° 12' 30" N y 103° 36' 00" a 104° 03' 30" o, con alturas de 700 a 2,900 msnm, temperatura media anual de 23.2 °C y precipitación media anual de 1,073.1 mm, con régimen de lluvia en los meses de junio a octubre (GEJ, 2008).

3.2.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas

Para la realización de los experimentos uno y dos se utilizaron las trampas diseñadas por Rangel-Reyes (2007), descritas en el capítulo anterior, mientras que para los experimentos subsecuentes se utilizaron cubetas de plástico de 3 L de capacidad, con cuatro aberturas circulares de 3 cm de diámetro cerca de la base de la cubeta y con una separación entre perforaciones de 9 cm (Figura 3.1A). En todos los experimentos se utilizó la cetona 2 (2-metil- 4 – octanona) a una dosis de 350 mg. En el centro de la tapa por dentro de la cubeta, se colocó el liberador, tipo bolsa de 7 x 5 cm, con compuesto feromonal de agregación sintético. Los compuestos feromonales fueron proporcionados por FeroComps (México, D. F.).

Para los experimentos uno y dos se utilizaron 100 g de material vegetal, que se obtuvo de la base de las pencas de agave con apariencia sana, éste se colocó por dentro en el fondo de las trampas.

Para los experimentos tres a seis, se utilizaron 200 g de agave obtenido de los mismos predios, el cual se colocó en una bolsa de polipapel con 32 perforaciones circulares de 5 mm de diámetro separados equidistantemente, con el objetivo de que los picudos al entrar en ésta, quedaran retenidos. La bolsa con el tejido vegetal se colocó dentro de la cubeta y se asperjó con un aspersol manual de 1 L de capacidad con 20 mL de malation a una dosis de 5 mL de agua. Posteriormente se colocó la tapa de la cubeta.

Para el experimento siete se utilizó 500 g de tejido de agave, los que se colocaron por dentro y en el fondo de la cubeta.

Las trampas se colocaron a nivel del suelo junto a la base de la planta y dentro de la hilera del cultivo (Figura 3.1B), con excepción del experimento dos, donde las trampas se colocaron una a nivel del suelo y otra sobre el cogollo de la planta. Diariamente se revisaron las trampas y recolectaron los insectos capturados.

Tanto el tejido de agave como el insecticida se reemplazaron a los siete días. Después de la revisión diaria, las trampas se cambiaron de posición dentro de cada bloque con el objetivo de evitar sesgo de capturas por la ubicación de trampas. Para el experimento siete los insectos se recolectaron cada hora durante tres días (entre 8:00 y 20:00 h, aun con luz de día). Los picudos capturados en cada trampa se recolectaron

en bolsas ziploc y se trasladaron al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Edo. de México para determinar el sexo, con base en la forma del último segmento abdominal, con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Ramírez-Choza, 1993).

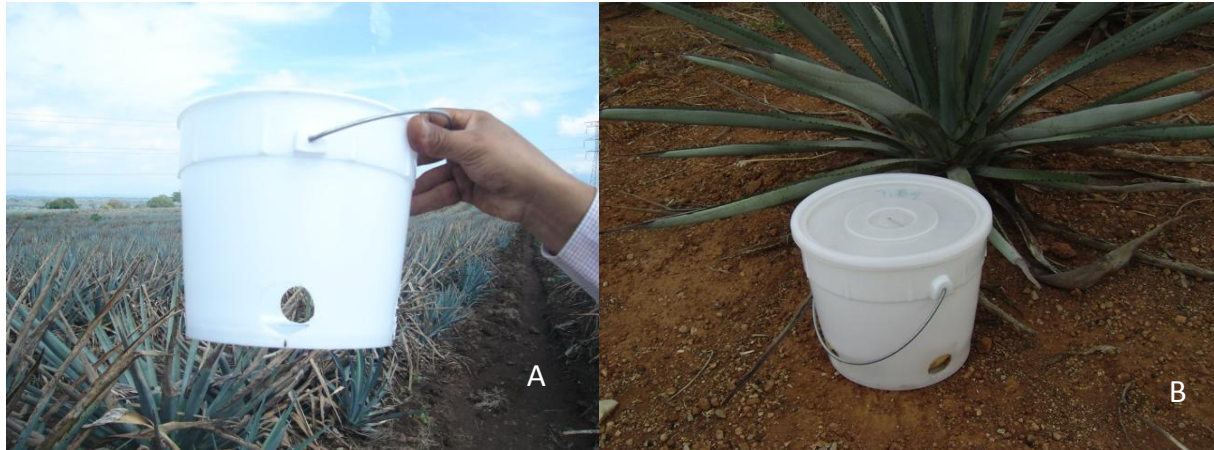


Figura 3.1. Trampa con feromona de agregación sintética utilizada para la captura del picudo del agave (A), ubicación de trampa (B).

3.2.3 Descripción y diseño de experimentos

Dado que las trampas pueden competir entre sí e interferir en la captura de los insectos el primer experimento se realizó para determinar si la distancia entre trampas afectaba la captura de picudos. En este experimento se estudiaron cinco tratamientos. La posición de un determinado tratamiento dentro del bloque se determinó utilizando una tabla de números aleatorios. Las distancias (tratamientos) entre trampas evaluadas fueron las siguientes: 5 m (T1), 10 m (T2), 20 m (T3), 50 m (T4) y 100 m (T5). Las trampas se colocaron en la hilera del cultivo, junto a la base de las plantas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La separación entre bloques fue acorde a las distancias evaluadas.

En el experimento dos se evaluó el efecto de la altura de la trampa sobre la captura de los picudos. Se utilizó la trampa diseñada por Rangel-Reyes (2007). Una trampa se colocó en la base de la planta (T1) y otra a la altura del cogollo (T2). Las trampas se colocaron con una separación de 50 m entre éstas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

En el experimento tres se evaluó el efecto del diseño de la trampa sobre la captura de los picudos. Se utilizaron dos tipos de trampas: trampa diseñada por Rangel- Reyes (T1) y trampa con orificios circulares (T2) (Figura 3.2 A, B). Las trampas se colocaron con una separación de 50 m entre éstas. Se utilizo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las trampas se colocaron en la hilera del cultivo en la base de las plantas.



Figura 3.2. Tipos de trampas para la captura del picudo del agave. A) Trampa diseño de Rangel-Reyes, 2007 y B) trampa con orificios circulares.

En el experimento cuatro se evaluó el efecto del color de la trampa sobre la captura de los picudos del agave, las trampas son cubetas de plástico de 3 L de capacidad, con cuatro aberturas circulares de 3 cm de diámetro cerca de la base de la cubeta y con una separación entre perforaciones de 9 cm. Se evaluaron trampas de siete colores (Figura 3.3). Para caracterizar el color de las cubetas se tomaron fotografías y se digitalizaron con una resolución de escáner de 200dpi (HP SCARGET 4890). Estos colores se obtuvieron mediante un editor de imágenes con el programa Gimp 2.6.6 para Windows, posteriormente la muestra de color se tomó sobre la imagen digitalizada midiendo una muestra ponderada de 100 pixeles con la herramienta “recoge-color”. Para la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se utilizó una tabla de números aleatorios. Cada trampa se colocó junto a la base de la planta de agave y dentro de la hilera de las plantas. Se utilizó un diseño de bloques

completos al azar con cuatro repeticiones. La separación entre trampas y bloques fue de 20 m. Las trampas se revisaron diariamente durante 15 días y se registró el número de picudos atrapados en cada una. Después de cada revisión diaria, las trampas se cambiaron de posición dentro de cada bloque. Al séptimo día se efectuó el cambio del tejido del agave e insecticida. Los picudos capturados en las trampas se conservaron en bolsas de plástico y posteriormente, en el laboratorio, se determinó el sexo con base en la forma del último segmento abdominal (Ramírez- Choza, 1993).



A) R G B				B) HEXADECIMAL
1	4	95	150	045 196
2	145	216	0	91d 800
3	176	4	27	b00 41b
4	4	72	167	044 8a7
5	173	181	191	Adb5bf
6	213	212	0	D5 d400

Figura 3.3. Código de colores de las trampas, A). Mediante RGB y B). Hexadecimal. Imágenes cortesía de Jorge Valdez Carrasco (2010).

En el quinto experimento se evaluó el efecto de la edad del material vegetal usado en las trampas sobre la atracción y captura de los picudos del agave. Se evaluaron los siguientes tratamientos: cambio diario de tejido de agave (T1), cambio de tejido de agave cada 5 días (T2), cambio de tejido de agave a los 10 días (T3) y sin cambio de tejido de agave (T4), el experimento duro 15 días. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las trampas utilizadas fueron las descritas en el experimento cuatro en color blanco, éstas se colocaron en la hilera del cultivo junto a la base de las plantas. En este experimento la separación fue de 21 m entre bloques y 20 m entre trampas.

En el experimento seis se evaluó el radio de acción de la feromona, utilizando la técnica de captura-marcaje-liberación y recaptura de picudos adultos. Para la realización de este experimento se recolectaron insectos del predio donde se estableció el experimento y en laboratorio se separaron por sexo con base la forma del último segmento abdominal (Ramírez- Choza, 1993), posteriormente los insectos se marcaron con un pincel sobre el área intersegmental del tórax y élitros, con el pigmento Neón Red A12 (pigmento utilizado para marcar pupas de moscas de la fruta estériles). En campo se liberaron cinco hembras y cinco machos marcados en cuatro puntos de liberación dependiendo de la distancia del punto de atracción. A los cinco días de haber colocado las trampas liberado a los picudos marcados, se recolectaron los insectos capturados y en laboratorio se determinó el sexo y registraron los insectos que habían sido recapturados. En este experimento se evaluó la liberación a seis distancias de las trampas: picudos adultos liberados a 1 m (T1), 5 m (T2), 10 m (T3), 20 m (T4), 50 m (T5), y 100 m (T6). Debido a que el diseño requería de una superficie amplia, este experimento se realizó en tres partes; en la primera se realizaron los tratamientos con distancias de 1, 5 y 10 m, en la segunda el tratamiento de distancia de 20 m y en la tercera parte se realizó el tratamiento de distancias de 50 y 100 m. Para las distancias de 1, 5, 10 y 20 m, las trampas se colocaron a 100 m de separación, para el tratamiento de 50 m las trampas se colocaron con separación de 150 m, y para el tratamiento de 100 m la separación entre trampas fue de 200 m. El arreglo de estos primeros cuatro tratamientos fue de colocar las cuatro repeticiones (trampas) de un tratamiento en las esquinas de un cuadro aproximado de una ha. Se utilizo un diseño

de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las trampas se colocaron junto a la base de las plantas sobre la hilera del cultivo. En cada trampa se liberaban los picudos a la distancia respectiva en los cuatro puntos cardinales del centro de la trampa, en cada punto se liberaban diez picudos (cinco hembras y cinco machos) previamente marcados. El experimento permaneció por cinco días tiempo en el cual se recolectaron los insectos capturados y se retiraban las trampas del predio.

De los insectos marcados y recapturados en este experimento, se obtuvo la genitalia de hembras y machos, con el objetivo de conocer si los insectos recapturados estaban apareados o vírgenes y corroborar la separación de sexos realizada en laboratorio. Para la extracción de la genitalia se separó el abdomen del resto del cuerpo con una pinza entomológica. Los terguitos se quitaron hasta dejar sólo la parte distal del abdomen para extraer el edeago y los genitales de la hembra. Posteriormente, los genitales se colocaron dentro de un tubo de centrifuga, con hidróxido de potasio (KOH) al 10% y se dejaron reposar durante 24 h. Después se colocaron en alcohol al 70% para lavar los restos de la solución anterior y con un pincel se removieron los restos de grasa u otros tejidos presentes. Enseguida, los genitales se lavaron con agua acidulada al 1% para la remoción de KOH y tejidos y aclarar los ejemplares. Para la toma de fotografía el cada ejemplar se colocó sobre un portaobjetos y se fijó con gel estilizador con el fin de fijar la muestra en la posición deseada. Las fotografías se tomaron en el Laboratorio de Morfología de Insectos del Colegio de Postgraduados, con una cámara digital Cannon Eos 50 D, montada en un fotomicroscopio Tessorar Carl Zeiss (Figura 3.4).

Finalmente en el experimento siete se investigó la actividad diaria de los picudos en respuesta a la feromona de agregación sintética. Los picudos se recolectaban de las trampas (con orificios circulares) cada hora después de haber establecido el experimento. Los tratamientos incluyeron trampas con C2 + 200 g de agave fresco (T1), y 200 g de tejido de agave fresco sin aplicación de insecticida (T2). Los picudos se recolectaron cada hora durante tres días y en el laboratorio se determinó el sexo. Todos los experimentos se dispusieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

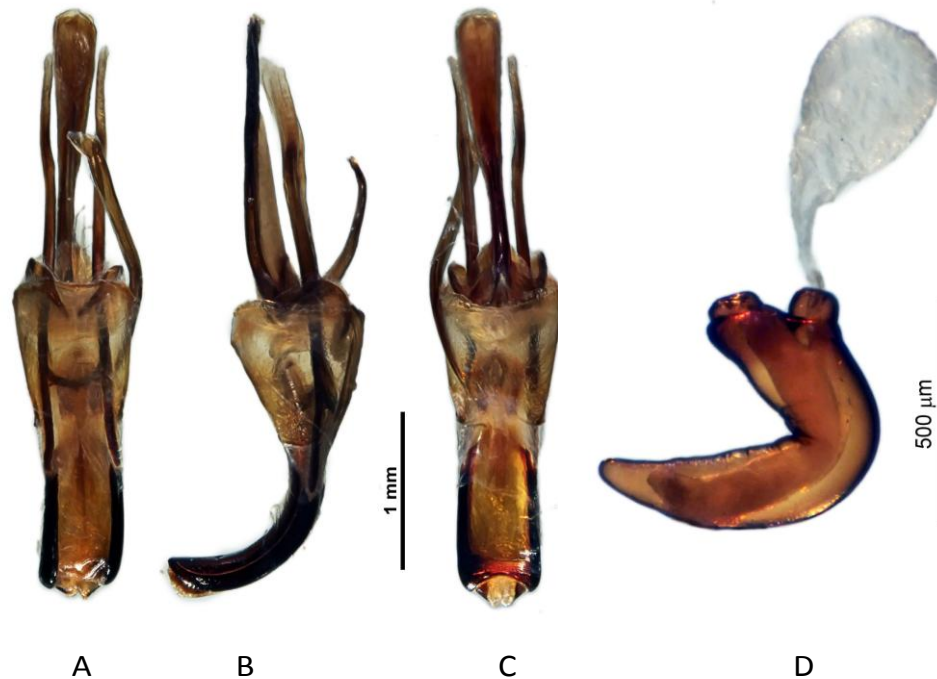


Figura 3.4. Genitalia del macho y espermateca de hembra del picudo del agave. Vista del edeago del macho: A) dorsal, B) lateral y C) Ventral, D) Espermateca de la hembra. Imágenes cortesía de Jorge Valdez Carrasco (2010).

3.2.4 Análisis estadístico

Los datos del número de picudos capturados por trampa obtenidos en los experimentos del uno al seis fueron empleados para el cálculo de la varianza mediante el procedimiento GLM y una comparación de medias mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) cuando se detectaron diferencias significativas.

Para evaluar la diferencia sexual en la proporción de picudos capturados, se aplicó una regresión logística con Proc Logistic ($P \leq 0.05$). Para el experimento siete en particular, los datos de picudos capturados se analizaron mediante el procedimiento Proc Mixed, con el objetivo de estimar la captura a través del tiempo en los dos tratamientos. Se propuso un modelo con factor tiempo, se ajustó al modelo de covarianzas y se seleccionó el de mejor ajuste. El modelado de la estructura de covarianza de los datos se analizó mediante la estructura autoregresiva de primer orden (AR (1), autoregresiva de primer orden heterogénea (ARH (1)), antedependencia (ANTE (1), Toeplitz (Toep) y Simetría compuesta (CS).

La estructura de covarianza ARH(1) se seleccionó de acuerdo con los criterios AICC (Criterio de Información de Akaike) y BIC (Criterio de Información Bayesiano).

Se utilizó la opción LSMEANS para calcular las medias por mínimos cuadrados (por tratamiento, por tiempo e interacción) y la opción SLICE para realizar pruebas de los tratamientos para cada hora de captura. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Distancia entre trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 1).

En este experimento, se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ($F = 4.82$; $gl = 4,12$, $P = 0.015$). Al realizar la comparación de medias se observó que la mayor captura de picudos ocurrió con las trampas colocadas a 100 m, con un promedio de 40 picudos por trampa; seguida de las trampas colocadas a 50 y 5 m, con un promedio de captura de 27 y 20.25 insectos, respectivamente. Por otra parte, las trampas colocadas a 10 y 20 m entre sí, fueron las que capturaron menor número de picudos, con un promedio de 17 y 16 insectos capturados por trampa, respectivamente (Figura 3.5).

En este experimento se encontró que en las trampas se capturó un mayor porcentaje de hembras, con proporciones superiores al 85 %. Las trampas colocadas a 50 y 20 m entre sí, registraron la mayor proporción de hembras capturadas, con 92.5 y 91.3 %, respectivamente. Las trampas colocadas a 5 y 100 m capturaron 89.5 y 88.09 % de hembras, respectivamente. Las trampas colocadas a 10 m entre sí capturaron 86.5 % de hembras (Cuadro 3.1).

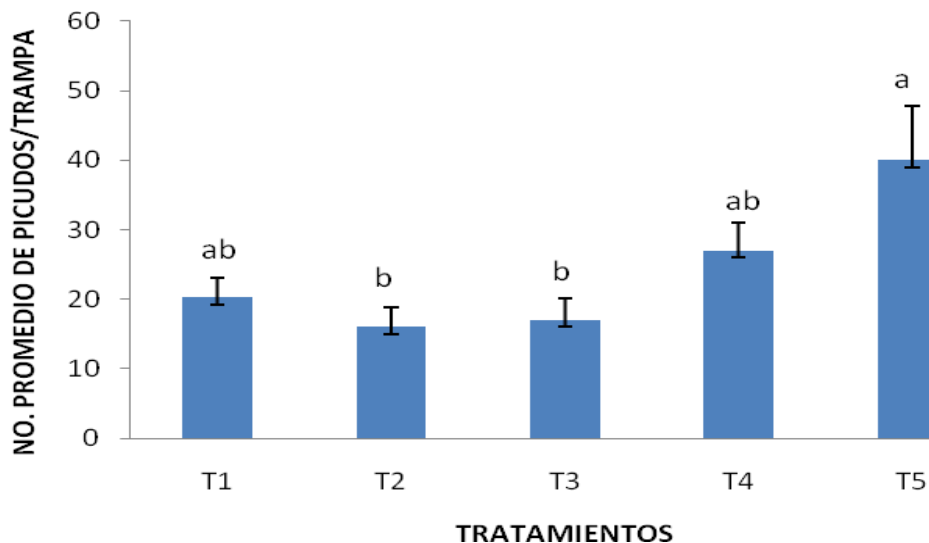


Figura 3.5. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados al evaluar distancias entre trampas con feromona (C2: 350 mg) para la captura del picudo del agave: T1: 5 m, T2: 10 m, T3: 20 m, T4: 50 m y T5: 100 m. Las barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Predio Bajío Norte, Arenal, Jal.

Cuadro 3.1. Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con compuesto feromonal sintético (C2: 350mg), estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Predio Bajío Norte, El Arenal, Jal.

Tratamientos (distancias en m)	% Hembras capturadas
T1: 5	89.5 b*
T2: 10	86.6 c
T3: 20	91.3 a
T4: 50	92.4 a
T5 : 100	88.0 b c

*Tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$).

3.3.2 Altura de trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 2).

La altura a la que fue colocada la trampa afectó significativamente las capturas de los picudos ($F = 8.66$; $gl = 1,3$; $P = 0.01$). La trampa colocada sobre el cogollo de la

planta capturó un mayor número de picudos en comparación con la trampa colocada junto a la base de la planta, con promedios de 87.25 y 33.50 picudos por trampa, respectivamente (Figura 3.6).

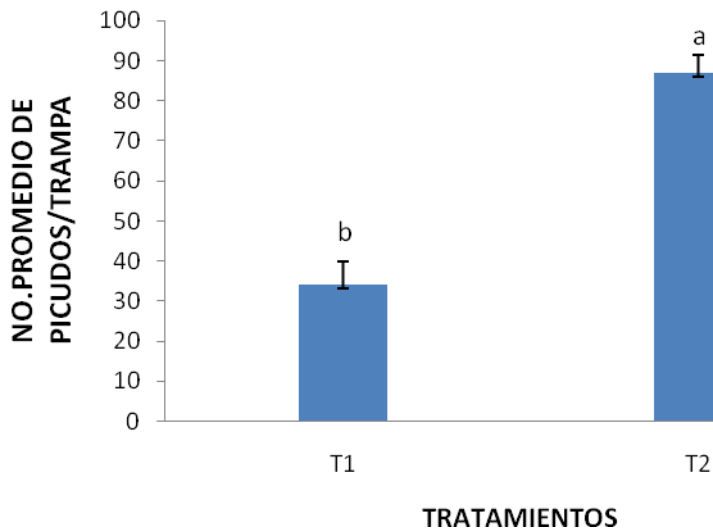


Figura 3.6. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas con feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: trampa colocada junto a la base de la planta y T2: Trampa colocada sobre el cogollo de la planta. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Bajío Norte, Arenal, Jal.

En este experimento se capturó una mayor proporción de hembras que de machos. La mayor proporción de hembras se obtuvo en la trampa colocada en la base de la planta con un 92.8 %, mientras que la trampa colocada sobre el cogollo capturó un 83.3 % hembras.

3.3.3 Evaluación del diseño de trampa con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 3).

En este experimento se encontró que el diseño de la trampa afectó significativamente la captura de los picudos ($F = 29.1$; $gl = 1,3$; $P = 0.012$). La trampa con orificios circulares capturó un mayor número de picudos, con un promedio de 96.3 picudos por trampa; mientras que la trampa diseñada por Rangel-Reyes capturó un

promedio de 61.8 picudos por trampa (Figura 3.7). La proporción de hembras capturadas fue mayor que la de machos. La trampa del diseño de Rangel-Reyes capturó 97.38 % de hembras, mientras que la trampa con orificios circulares capturó un 96.11% de hembras.

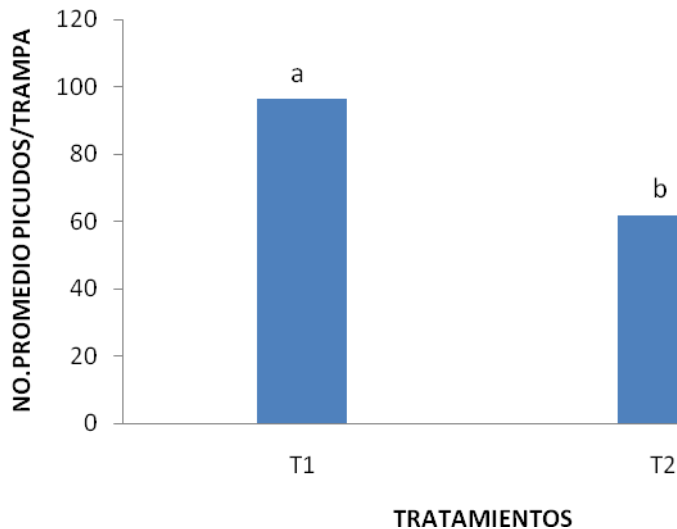


Figura 3.7. Promedio de picudos capturados en dos tipos de trampas. T1: Trampas con orificios circulares y T2: trampa diseño de Rangel-Reyes. Predio: Loma Norte, Amatitan, Jal. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes), según prueba de Tukey ($P < 0.05$).

3.3.4 Efecto del color de la trampa en la captura del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Experimento 4).

En este experimento se encontró que el color de la trampa no afectó significativamente la captura de los picudos ($F = 0.72$; $gl = 6,18$; $P = 0.637$). Las trampas con los tratamientos azul, verde lima, rojo y blanco capturaron numéricamente un mayor número de picudos con promedios de 261.8, 240.7, 240 y 230.3 insectos por trampa, respectivamente. El tratamiento donde se utilizó la trampa transparente (T7) registró el menor promedio de insectos capturados por trampa con 168.7 picudos (Figura 3.8).

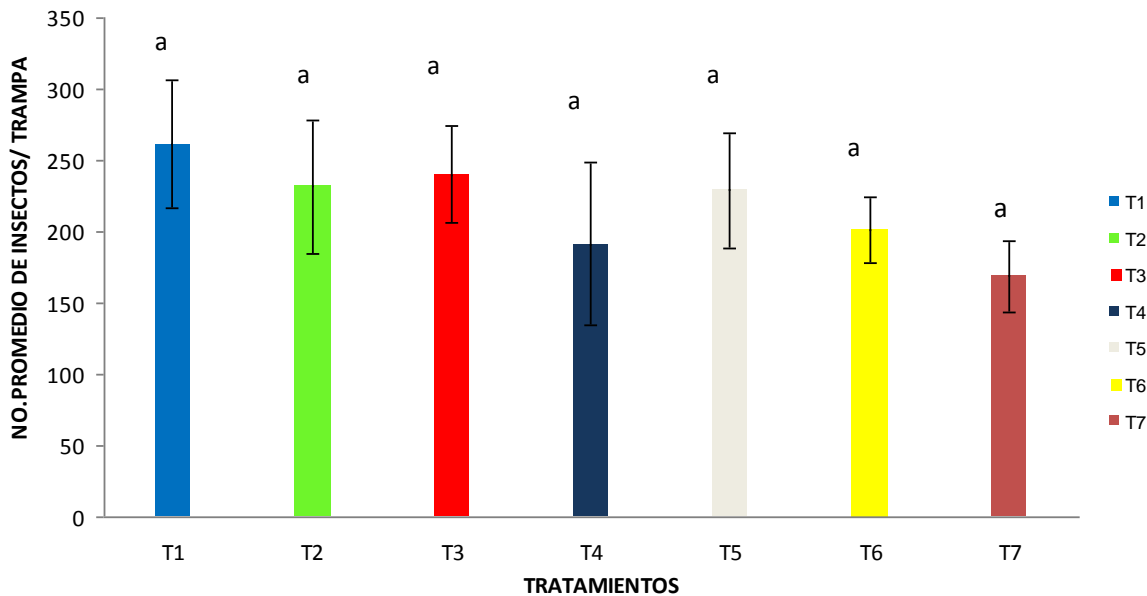


Figura 3.8. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas de diferentes colores y feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: Azul, T2: Verde lima, T3: Rojo, T4: Azul verde, T5: Blanco, T6: Amarillo y T7: Transparente. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Los Colgados, Tequila, Jal.

En este experimento también se encontró que las trampas con los diferentes colores capturaron más hembras que machos con proporciones superiores al 90 %. Las trampas transparentes, blanco y azul (tratamiento siete, cinco y uno) capturaron mayor proporción de hembras con promedios en de 93.4, 92.6 y 92.5 %, respectivamente. Las trampas rojas fueron las que capturaron la menor proporción de hembras (90. 2 %) (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Proporción de hembras del picudo del agave capturadas en trampas de diferente color y cebadas con feromona de agregación sintética, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio “Los Colgados”, Tequila, Jal. Méx. Junio, 2010.

Tratamientos/ color	% Hembras (capturadas)
T1: Azul	92.6 b
T2: Verde lima	90.6 e
T3: Rojo	90.2 f
T4: Azul-verde	91.8 c
T5: Blanco	92.6 b
T6: Amarillo	91.1 d
T7: Transparente	93.4 a

3.3.5 Efecto de la edad del material vegetal en trampas con feromona de agregación sintética en la captura del picudo del agave (Experimento 5).

La edad del material vegetal colocado en las trampas no afectaron significativamente las capturas de los picudos ($F = 0.98$; $gl = 3,9$; $P = 0.443$). Sin embargo, las trampas a las que se les cambio de tejido vegetal cada 5 días capturaron numéricamente el mayor número de picudos con promedios de 80.7 insectos por trampa, seguidas por las trampas en las que el tejido vegetal se reemplazo diariamente y cada 10 días, con promedios de 75.5 y 71.5 insectos por trampa, respectivamente. En las trampas en donde el material vegetal no fue cambiado durante todo el experimento se registro el menor número de picudos capturados (64 insectos por trampa) (Figura 3.9).

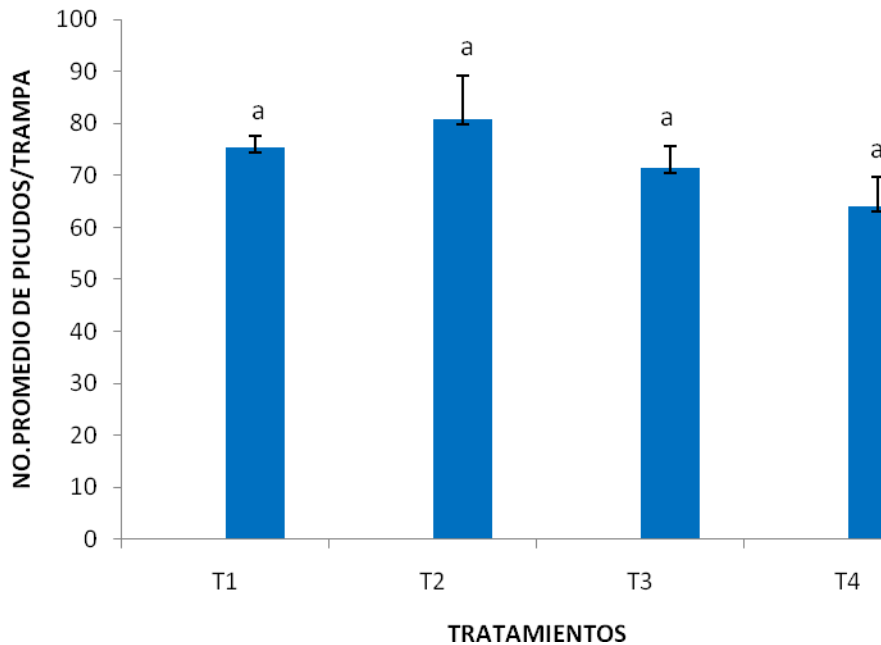


Figura 3.9. Número promedio (\pm EE) de picudos capturados en trampas con cambio de material vegetal y feromona de agregación sintética (C2: 350 mg). T1: cambio de material vegetal diario, T2: cambio de material vegetal cada cinco días, T3: cambio de material cada 10 días y T4: sin cambio de material vegetal. Barras marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Loma Norte, Amatitán, Jal.

En todas las trampas se capturaron más hembras que machos con proporciones superiores al 97 %. Las trampas en las que se realizó cambio de material vegetal de forma diaria y cada cinco días capturaron la mayor proporción de hembras con un 99.33 y 98.41%, respectivamente (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Proporción de hembras capturadas en trampas cebadas con compuesto feromonal sintético (C2: 350mg) en la evaluación del cambio del material vegetal en trampas, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Loma norte, Amatitán, Jal.

Tratamientos (días)	% Hembras (capturadas)
T1: 1	99.3 a
T2: 5	98.4 a
T3: 10	97.5 b
T4: 15	97.2 b

3.3.6 Efecto del radio de acción de la feromona de agregación sintética sobre la atracción del picudo del agave (Experimento 6).

En este experimento de captura-marcaje-liberación y recaptura de picudos adultos se observó que la distancia a la cual fueron liberados los insectos afectó significativamente su recaptura ($F = 17.05$, $gl = 5,15$; $P = 0.001$). El mayor número de insectos marcados-recapturados ocurrió cuando los insectos se liberaron a 1 m de distancia de la fuente emisora, con un promedio de 9.5 insectos recapturados.

Algunos insectos se recapturaron a 5, 10 y 20 m. El mayor número promedio de picudos no marcados capturados ocurrió en las trampas colocadas a 100 m con un promedio de 65 insectos por trampa (Figura 3.10).

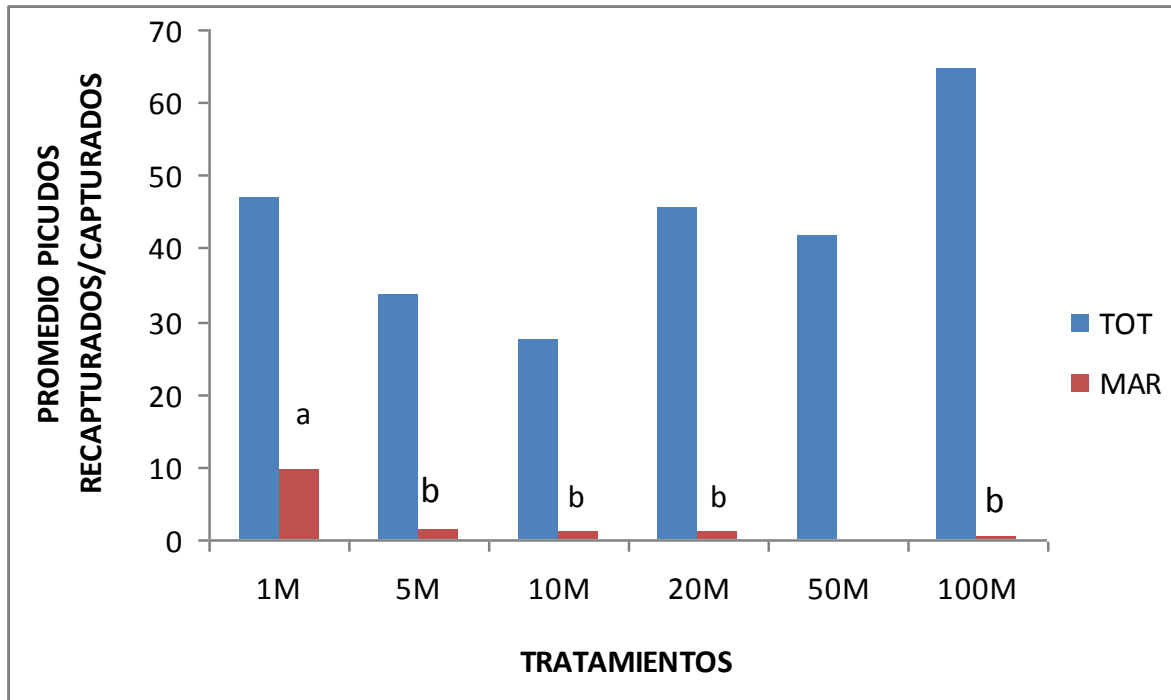


Figura 3.10. Promedio de insectos marcados (MAR) y no marcados (TOT) capturados en trampas con feromona de agregación sintética y material vegetal. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Cabe señalar que en las trampas dispuestas a 50 m de distancia de la fuente emisora no hubo recaptura. En relación a proporción de captura con respecto al sexo, en este experimento se observó que los porcentajes de las hembras capturadas variaron de 77 a 100 %. En los tratamientos 3, 4 y 6 (distancia de 10, 20 y 100 m) se recapturaron solo hembras; mientras que en los tratamientos uno y dos (distancias de 1 y 5 m) los porcentajes de hembras recapturadas fueron de 77.23 y 85.37 %, respectivamente (Cuadro 3.4). A pesar de que en este experimento el número total de insectos recapturados fue mínimo, la recaptura de picudos hembra siempre fue superior al de machos. Con esta técnica se observó que este picudo es capaz de detectar la fuente emisora hasta distancias de más de 20 m.

Cuadro 3.4. Proporción de hembras adultas del picudo del agave recapturadas en trampas dispuestas a diferentes distancias de la fuente emisora, mediante el procedimiento de captura- marcaje -liberación y recaptura, estimada por el modelo logístico con un nivel de significancia del 5 %. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($P < 0.05$). Predio Loma Norte, Amatitan, Jal.

Tratamientos/ distancia en m	% Hembras (recaptura)
T1: 1	77.23 c
T2: 5	85.37 b
T3: 10	100.00 a
T4: 20	100.00 a
T5: 50	-----
T6: 100	100.00 a

3.3.7 Actividad diaria del picudo del agave en respuesta a su feromona de agregación (Experimento 7).

Los resultados del procedimiento de análisis MIXED indicaron que la estructura AR (1) permitió el mejor ajuste de covarianza de los datos. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($F = 37.57$; $gl = 1,71$; $P = 0.0001$), en el tiempo ($F = 6.34$; $gl = 11,71$; $P = 0.0001$) y en la interacción tratamiento por tiempo ($F = 6.34$; $gl = 11,71$; $P = 0.0001$). Con el procedimiento slice se detectaron diferencias entre tratamientos en el tiempo, por ejemplo, el tratamiento uno en las horas 11 y 12 (19:00 y 20:00 h) tuvo más capturas de picudos en trampas que el tratamiento dos (Figura 3.11). Al graficar los promedios de picudos obtenidos en el tratamiento uno con la temperatura registrada durante las horas de captura del día, se observó una relación directa captura – incremento de temperatura hasta 29.7 °C (12:00-13:00 h), sin embargo a temperaturas de 35 a 40°C las capturas disminuyen. Las mayores capturas se registraron con temperaturas entre los 31 a 35 °C, en un horario de 19:00 y 20.00 h (Figura 3.12). En este experimento también se capturaron más hembras que machos con un 95.6 %.

Esta situación de capturar más hembras que machos con este sistema de trampas, se había observado en los experimentos anteriores.

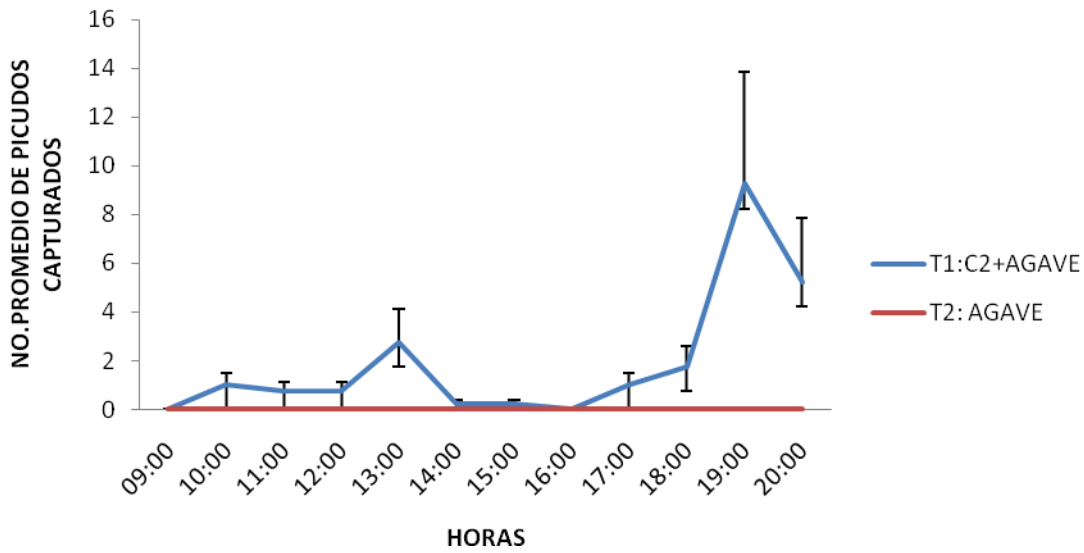


Figura 3.11. Número promedio (\pm EE) de capturas del picudo del agave durante diferentes horas del día.

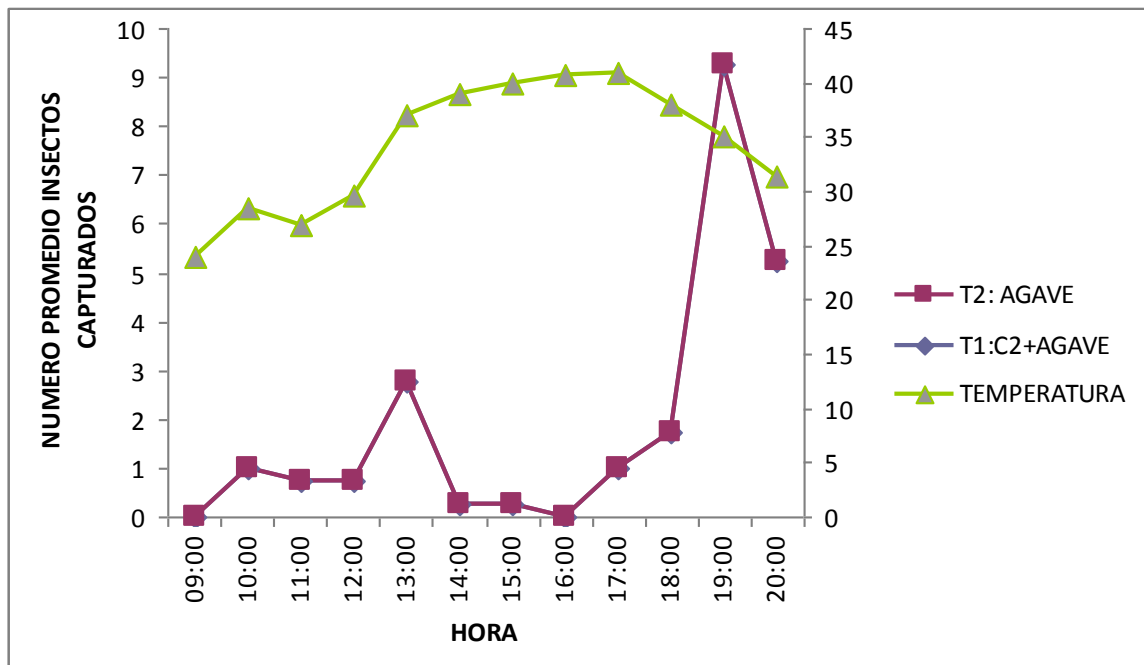


Figura 3.12. Promedio de capturas del picudo del agave durante el día. Predio Los Colgados, Tequila, Jal. Méx.

3.4. DISCUSION

En el presente estudio se realizaron varios trabajos que generaron información útil para la conformación de un sistema integral de trapeo del picudo del agave en plantaciones de agave tequilero. En primer lugar, se pudo observar que la separación a la que se colocan las trampas afecta la captura de los picudos, ya que las trampas colocadas a 100 m de separación entre sí, capturaron el mayor número de picudos. Los resultados sugieren que las trampas interfieren entre sí cuando se colocan muy cerca una de otra. Una situación similar a la encontrada en el presente estudio fue reportada en el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*, en donde hubo una interferencia marcada cuando las trampas se colocan a menos de 10 m de distancia (Tinzaara *et al.*, 2005a).

Los resultados también muestran que las trampas colocadas a nivel del cogollo capturaron más picudos, comparadas con las trampas colocadas a ras del suelo, esto debido posiblemente a que durante el tiempo que se desarrolló el experimento, algunos predios cercanos se estuvieron jimando, por lo que se cree los picudos de estos predios migraron al predio experimental incrementando la población de los picudos. Se esperaría que el insecto se acerque caminando a la trampa, y que las trampas colocadas a ras del suelo capturaran más insectos. Sin embargo, los resultados sugieren que los picudos también pueden acercarse a la trampa volando y aterrizar sobre la planta para desde ahí introducirse a la trampas. En otras especie de picudos ocurre lo contrario, por ejemplo, Sansano *et al.* (2008) encontraron que la trampas enterradas capturaron un mayor número de picudos del cocotero *Rhynchophorus ferrugineus* en comparación de las colocadas en partes aéreas. Algo similar fue encontrado por Oehlschlager *et al.* (1993) quienes observaron que las trampas colocadas en el suelo capturaron más picudos de *R. palmarum* que las colocadas a alturas de 1.7 y 3.1 m. Por otro lado, en *M. hemipterus* la altura de la trampa no afectó las captura (Giblin-Davis *et al.*, 1996).

El diseño del tipo de trampa fue otro factor que influyó en la capturas de los picudos de agave, pues la trampa con aberturas circulares fue más eficiente que la trampa del diseño Rangel-Reyes (2007) con aberturas rectangulares. Posiblemente porque los insectos tengan menos problemas para ingresar por las aberturas circulares

de la primera trampa, que por las aberturas rectangulares de la segunda trampa. En este sentido, García-Coapio (2009) al usar trampas del diseño de Rangel- Reyes (2007) observó que los picudos de agave entran y salen de la trampa caminando, aunque con dificultad para escalar los 4 cm de separación del suelo a los orificios de la trampa y en algunos casos estos pueden resbalar o caer, lo que ocasiona que se alejen de la trampa, sin llegar a contactar el insecticida aplicado al cebo alimenticio. Alpizar *et al.* (2000) encontraron que la trampa galón con rampa fue eficiente en la captura de *C. sordidus*, debido que los picudos se arrastran fácilmente por la trampa. Valdez *et al.* (2005) evaluaron dos tipos de trampas cebadas con material vegetal para la captura del picudo del agave en el cultivo del nardo en el Estado de Morelos. Ellos encontraron que la trampa tipo Víctor™ (usada para la captura de avispas en áreas urbanas) capturó un mayor número de picudos. Así mismo, en el cultivo del agave, Bravo Pérez (2009) evaluó varios diseños de trampas en la captura del picudo del agave y encontró que la trampa de plástico blanco con orificios circulares y conos (TOCC) en el interior de los orificios, capturó más picudos que las demás diseños de trampas evaluadas. Las trampas tipo “Buckett” fueron más eficientes para capturar *R. palmarum* que las trampas McPhail, multi-embudos y tipo tubo (Oehlschager *et al.*, 1993). Las capturas de *M. hemipterus hemipterus* también son afectadas por el diseño de la trampa cebada con feromona y acetato de etilo (Giblin-Davis *et al.*, 1996; Oehlschlager *et al.*, 2002). Por ejemplo, Oehlschlager *et al.* (2002) encontraron que las trampas tipo galón capturan más picudos que las trampa hecha de bambú.

En el presente estudio se encontró que el color de la trampa no influyó en la captura de los picudos de agave. Resultados similares se han encontrado en otras especies de picudos cuando se investiga dicho factor. En *R. palmarum*, por ejemplo no se encontraron diferencias en las capturas con trampas de color blanco, negro, café, gris, amarilla, verde, roja o azul (Oehlschlager *et al.*, 1993), ni en trampas color negro, verde, azul, rojo y amarillo, utilizadas para la captura del picudo rojo del cocotero *Rhynchophorus ferrugineus* (Giblin-Davis *et al.*, 1996). Sin embargo, Al-Soud (2010) reportó que las trampas de color rojo capturaron 15 veces más picudos de *R. ferrugineus* en comparación con las trampas blancas. En otros estudios se ha observado que las trampas de color rojo y naranja capturan mas picudos que las azules

(Abdallah y Al-khatri, 2005), así como las de color negro y verde (Hallet *et al.*, 1999; Ajlan y Abdul, 2000). En el anterior estudio, no se investigó el efecto de dos o más características de la trampa sobre su eficiencia. En otros insectos como las chicharritas (Cicadelidae), las trampas de color amarillo capturan más individuos (Arismendi *et al.*, 2009). En cultivos de asociación maíz-frijol, las trampas de color amarillo colocadas en alturas de 0.30 y 0.70 m sobre el nivel del suelo, capturan mayor número de insectos principalmente de las especies *Empoasca kraemeri*, *Dalbulus maidis*, *Deltocephalus flavicosta* y *Chlorotettix* sp. (Castillo y González, 2005).

Los resultados del presente trabajo muestran que el tiempo que el material vegetal se mantiene activo en las trampas con la feromona de agregación, no afecta las capturas del picudo del agave. En contraste, en *R. palmarum*, Oehlschlager *et al.* (1993) encontraron que los tejidos de la palma de coco alcanzan su máxima atracción, entre el tiempo de corte y los siguientes 4 días y después declina rápidamente hasta casi cero y que la pérdida de atracción del material vegetal se asocia al deterioro del tejido por acción de hongos patógenos. En el caso del presente trabajo, el material vegetal se deterioró poco, ya que no estaba expuesto directamente al ambiente y esto podría explicar la poca diferenciación entre los tratamientos evaluados.

En el presente estudio, la efectividad de la trampa fue relativamente baja para recapturar los picudos marcados, de tal modo que se recapturaron más picudos solo cuando éstos se liberaron a 1 m de la trampa; mientras que pocos individuos marcados fueron recapturados cuando estos se liberaron a 20 m de la trampa. Una situación similar fue reportada para *C. sordidus*, en donde la mayor parte de los picudos marcados fueron recapturados cuando fueron liberados a 0.5, 1, y 2 m de la trampa (Tinzaara *et al.*, 2005b). En *C. sordidus* se reporta que el radio de atracción efectiva de las trampas varía entre 5 y 15 m. Los autores del anterior estudio sugieren que las bajas capturas de picudos marcados se deben a que los picudos llegaron a las trampas pero no entraron; posiblemente esto haya sucedido con el picudo del agave, sin embargo, son necesarios más estudios para conocer a detalle que sucede con los insectos marcados.

Respecto al tiempo de actividad del picudo del agave, el presente estudio se encontró el picudo del agave se mantiene activo durante todo el día, aunque el pico de

mayor actividad se presenta entre 19:00 y 20:00 h. Estos resultados corroboran las observaciones de García-Coapio (2009), quien reporta que el picudo tiene su mayor actividad a partir de las 17:00 h, prolongándose hasta las 20:00-20:30 h. En el estado de Morelos, el pico de actividad de los picudos del agave ocurre entre las 16:00 y 17:00 h; su actividad termina a las 20:30 y en la noche ya no son atraídos a las trampas (López Martínez *et al.*, comunicación personal). Las diferencias en cuanto a los horarios entre los diferentes experimentos puede deberse a que fueron realizados en diferentes épocas del año.

En el laboratorio, los machos de *S. acupunctatus* liberan feromona durante el día y la noche (Ruiz-Montiel *et al.*, 2009), por lo que se esperaría que los picudos respondieran en ambos ciclos de liberación. En Lepidóptera, una sincronización entre el momento de liberar la feromona y la actividad de vuelo de los machos provee mayor probabilidad de encontrar a la pareja con un gasto mínimo de energía (Raina y Menn, 1987). Tanto el macho como la hembra del picudo del agave se pueden encontrar dentro de una planta y así la feromona podría tener una función diferente a la búsqueda de pareja sino de agregación de diferentes sexos, aunque se ha observado que en este sistema de trampeo con la feromona de agregación se capturan más hembras que machos.

4. DISCUSION GENERAL

Existen pocos trabajos sobre el comportamiento de insectos barrenadores, este comportamiento de destruir los tejidos internos, hace más complicado su control. Nielsen, (1981), menciona que existen tres órdenes con 11 familias de insectos barrenadores, de los cuales, el orden Coleóptera es el más importante por el número de especies de importancia económica que éste contiene.

En el presente trabajo se desarrollaron experimentos con el propósito de hacer más eficiente un sistema de trapeo para el picudo del agave en plantaciones de agave tequilero. Los trabajos realizados por Ruiz- Montiel (2003) mencionan que existe una feromona atractiva a ambos sexos, en la que los machos de *S. acupunctatus* liberan la feromona durante el día y la noche (Ruiz-Montiel *et al.*, 2009).

Aunque existen muchos vacíos en el conocimiento del comportamiento del picudo del agave, se requiere más investigación sobre este picudo, por ejemplo, determinar la dinámica de la población de picudos en diferentes regiones y cultivos de agave, conocer y evaluar los niveles del umbral económico, métodos de control alternativos que lleven hacia un manejo integrado del picudo, así como intensificar el conocimiento sobre los enemigos naturales.

El control etológico a través de trampas con feromonas de agregación o atractivos sexuales sintéticos, ha sido de gran utilidad para el monitoreo y control de insectos plaga (Carde y Elkinton, 1984). Sin embargo, la detección y captura eficiente está influenciada por factores intrínsecos a la feromona como sus componentes, estabilidad, pureza y tasa de liberación (Jansson *et al.*, 1992) y factores extrínsecos como el diseño, altura y localización de trampas (Athanassiou *et al.*, 2004), factores ambientales como la temperatura, viento y exposición solar (Sappington ,2002).

En el presente trabajo se encontró que el picudo del agave *S. acupunctatus*, es atraído a las trampas por la feromona de agregación sintética de ocho carbonos (2-metil-4 –octanona), a una dosis de 350 mg más tejido de agave, por lo que se propone el uso de esta feromona sintética, como cebo en el desarrollo de un sistema de trapeo del picudo del agave. Las trampas muestran ser una herramienta en estudios de monitoreo de plagas, en este estudio se determinó que las trampas a densidades de

una a dos por hectárea capturaron un mayor número de picudos y que la atracción a las trampas es aún mayor de hembras que machos, por lo que este último aspecto orientan a definir otros planes de manejo de esta plaga mediante el control por comportamiento. Figueroa (2009), encontró en campo que la proporción sexual (macho- hembra) es de 1:1; mientras que la proporción sexual de insectos picudos colectados en trampas con feromona de agregación es de 1:11.7 en el municipio de Ahualulco y de 1:14.6 en Amatitán. Lo anterior, muestra una posibilidad del uso de trampas con feromona de agregación, en un sistema de trampeo masivo, ya que es más factible la reducción de las densidades poblacionales del picudo del agave en una o varias generaciones por este sistema, que por medio del control convencional con insecticidas orgánicos que actualmente se está usando contra esta plaga.

En forma general, el monitoreo es un pilar fundamental en el marco del control integrado de plagas, con el objeto de determinar la presencia de una plaga, además de evaluar la efectividad de las estrategias de manejo o el buen estado sanitario del cultivo. El conocimiento de la dinámica poblacional mediante el monitoreo para el picudo del agave requiere de personal capacitado capaz de interpretar los datos que se presenten en un momento determinado.

Otro de los experimentos desarrollados muestra que las trampas con orificios circulares con feromona de agregación y tejido de agave, colocado en bolsas de polipapel perforado, capturaron un mayor número de picudos del agave, mientras que el color de la trampa utilizado en este estudio no parece influir en el número de capturas, por lo que esto dependerá del color del material plástico de mayor disponibilidad en el mercado. En este caso, Sansano (2008) evaluó colores de trampas para el picudo rojo *Rhynchophorus ferrugenus* y encontró que las trampas de color pardo rojizo y camufladas capturaron más picudos que las de color blanco. En cambio, en Los Valles Centrales de Oaxaca México, Aquino *et al.*, (2010), evaluó trampas de luz de diferentes colores en la captura del picudo del agave y encontró que las trampas de color amarillo capturan mas picudos que las trampas de color blanco y que las trampas de luz de diferentes colores no atraparon picudos, por lo que menciona que estos insectos no son atraídos a la luz y que sus hábitos no son nocturnos. En este trabajo las mayores capturas de picudos se lograron entre las 19:00 y 20:00 h del día a

temperaturas entre los 31-35°. En cambio Aquino *et al.*, (2010), menciona que altas temperaturas y precipitación pluvial influyen en la presencia o ausencia de picudos y encontró que a temperatura de 30° C y lluvias de 800 mm 48 insectos por muestreo, mientras que a temperatura de 18°C sin precipitación se encontró 25 insectos por muestreo en 100 plantas de maguey.

Se sugiere realizar otros experimentos tendientes a determinar qué kairomona de los tejidos de agave participan en forma más activa en este sistema de atracción química del picudo hacia las plantas de agave, con la finalidad de incorporar estos compuestos para hacer más eficiente el sistema de trapeo con las feromonas de agregación sintéticas. También es necesario determinar con mejor precisión a qué distancias los picudos pueden detectar las feromonas liberadas por sus conspecíficos.

De manera general se espera que los resultados de estos experimentos proporcionen información útil en el sistema de trapeo con feromonas de agregación del picudo del agave, como una estrategia complementaria en el manejo integrado de esta plaga en este cultivo u otros cultivos de agaváceas de importancia económica.

5. LITERATURA CITADA

- Abdallah, F. F., & Al-khatiri, S. A. 2005. The effect of pheromones, kairomone and food bait on attracting adults of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* in the sultanate of Oman in date palm plantations. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 83: 169-177.
- Ajlan, A. M. & Abdul Salam, K. S. 2000. Efficiency of pheromone traps for controlling the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae), under Saudi Arabia conditional. *Bull. Ent. Soc. Egypt. Econ. Ser.* 27: 109-120
- Alpizar, D., M. Fallas, A. C. Oehlschlager, L. M. González, C. M. Chinchilla & J. Bulgarelli. 2002. Pheromone mass trapping of the West Indian sugarcane weevil and the American palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) in palmito palm. *Fla Entomol.* 85: 426-430.
- Al-Saoud, A. H. 2010. Effect of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) Aggregation pheromone traps' height and color on the number of captured weevils. *Acta Hort.* 882: 419-429.
- Altuzar, A., E. A. Malo, H. González-Hernández, & J. C. Rojas. 2007. Electrophysiological and behavioral responses of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) to *Agave tequilana* volatiles. *J. Appl. Entomol.* 13: 121-127.
- Aquino, B. T., Iparraguirre, C. M. A. & Ruiz, V. J. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Pest of agave mezcalero: Losses and damage in Oaxaca, México. *Revista científica UDO Agrícola*. 7:1 175-180.
- Aquino, B. T., Ruíz, B. J. & Martínez, S. D. 2010. Ecología y biología de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), plaga del agave mezcalero en los Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo*. Vol 8 (1): 62-71.
- Aquino, B. T., Ruiz, V. J., & Iparraguirre, C. M. 2006. Biological control of the black weevil (*Scyphophorus interstitialis* Gyllenhal) with entomopathogenic nematodes

- and fungi in agave in Oaxaca, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 6: 92-101.
- Arismendi, N., Carrillo, R., Andrade, N., Riegel, & Rojas, E. 2009. Evaluación del color y la posición de trampas en la captura de cicadélidos en *Gaultheria phillyreifolia* (Ericaceae) afectadas por fitoplasmas. *Neotrop. Entomol.* 38(6): 754-761.
- Arredondo V. C & H. Espinosa P. 2005. Manual del magueyero. Comisión de trabajo para el Desarrollo Responsable de la industria del maguey y del mezcal A. C. México .142 p.
- Athanassiou, C., N. Kavallieratos y B. Mazomenos. 2004. Effect of tramp type, trap color, trapping location, and pheromona dispenser on captures of male *Palpita unionalis* (Coleoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 97 (2): 321-329.
- Avilez, G. M., Navarro, S. L. & Cerda, G. P. A. 2004. Interrupción de apareamiento para el control del gusano soldado *Spodoptera exigua* Hubner. Memorias: Primera convención mundial del chile. pp.174. En línea. http://www.world-pepper.org/2004/memorias2004/174_aviles_gonzalez_wpc2004.pdf
- Bakke, A. & Lie. 1989. Mass trapping. pp. 67-87. *In: Justum, A. R. & R. F. S. Gordon* (Eds). *Insect Pheromones in Plant Protection*. Chichester: John Wiley and Son.
- Barrera, J. F; Montoya P & J. Rojas. 2006. Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. pp 1-16. *In: 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 Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Barrios, G., Jaume, B., Celada, B., Escofet, M y Torá, R. 2004. Nuevas técnicas de lucha con las feromonas. *Rev. Prot. Veg.* 19 (3):145-168.
- Bartelt, J. R. 1999. Weevils. pp: 91-112. *In: Pheromones of Non-Lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants*. J. Hardie, & A. K. Minks (Eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Bartelt, J. R., R. S. Vetter, D. G. Carlson & T. C. Baker. 1994. Influence of pheromone dose, trap height, and septum age on effectiveness of pheromones for *Carpophilus mutilatus* and *C. hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae) in a California date garden. *J. Econ. Entomol.* 87: 667-675.

- Blanco, M. H. 1996. Los semioquímicos y su papel en el manejo integrado de plagas. pp 93-95. *In: Memorias X Congreso Nacional Agronómico*. Universidad de Costa Rica.
- Booth, R. G., M. L. Cox, and R. B. Madge. 1990. Coleoptera. International Institute of Entomology (An Institute of C. A. B International). Cambridge University Press. Cambridge, U. K.
- Bravo, M. E., Rojas J., H. Espinosa P. & P. López L. 2007. Evaluación de atrayentes para la captura de *Scyphophorus interstitialis* Gyllh. pp:10-14. *Rev. Agroproduce*. Fundación Produce Oaxaca A. C.
- Bravo, P. 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 de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, México. 59 p.
- Cabello, T., Abad. M.M., & Pascual, F. 1991. Capturas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en trampas de distintos colores en cultivos en invernaderos. *Bol. San. Veg. Plagas*. 17: 265-270.
- Camino, L. M., V. Castrejon, V. R., Figueroa, L., Aldama., & M. E. Valdez. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos. México. *Fla Entomol*. 85: 392-393.
- Carde, R. y J. elinton. 1984. Field trapping with attractants: Methods and interpretation. P. 111-129 *In: Techniques in pheromone research*. Springer Verlag, New York.
- Castillo, N. & González, C. 2005. Efecto del color y la altura de las trampas sobre la captura de cicadelidos en la asociación frijol-maiz. *Rev. Prot. Veg*. 20: 128-131.
- Ceja, R. E. I. 2007. Evaluación de los compuestos feromonales del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Ameca, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, México. 53 p.

- Chinchilla C. M y A. C. Oehlschlager. 1992. Comparación de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* utilizando la feromona de agregación producida por el macho. *ASD Oil Palm Papers* 5: 9-14.
- Chinchilla, C., Oehlschlager, A. C. & Bulgarelli, J. 1996. A pheromone based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* and *Metamasuis hemipterus*, *ASD Oil Palm Papers* No. 12, p. 11-17.
- Cross, J. H., R. C. Byler, R. F. Cassidy, R. M. Silverstein, R. E. Greenblatt, A. R. Levinson & H. Z. Levinson. 1976. Porapack-Q collection of pheromone components and isolation of (Z) and (E)- 14- methyl- 8- hexadecenal, sex pheromone components from females of odor species of *Trogoderma* (Coleoptera: Dermestidae). *J. Chem. Ecol.* 2: 457-468.
- Cross, W. H. & H. C. Mitchell. 1966. Mating behavior of the female boll weevil. *J. Econ. Entomol.* 18: 1503-1507.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila) 2008c. Informe de las principales actividades enero- diciembre de 2008. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta 20 de marzo de 2009.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila) 2008d. Capturar, proteger el valor intangible utilizando la propiedad intelectual. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta 10 enero de 2009.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila) 2008e. Inventario general de *Agave tequilana* Weber var. Azul dentro del territorio protegido por la Denominación de Origen del Tequila. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta 20 de marzo de 2009.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2005. Plagas y enfermedades del *Agave tequilana* Weber var Azul. Ed. Pandora. Impreso en México. 123 p.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2009a. Innovación y Desarrollo Tecnológico para el Crecimiento Sustentable de la Cadena Productiva Agave-Tequila. Seminario Internacional sobre Indicaciones Geográficas. Noviembre 5 - 6, 2009 Zapopan, Jalisco, Méx. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta: 20 de abril de 2010.

- CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2009b. Creación y uso de las denominaciones de origen e indicaciones geográficas en el sector agroindustrial. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta : 20 de abril 2010.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2009c. La certificación del tequila. Denominaciones de origen en México. Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. Consulta: 22 de abril 2010.
- CRT, 2008. Inventario de *Agave tequilana* Weber var. Azul dentro de la denominación de origen del tequila. Referencia. <http://www.crt.org.mx> .
- Curkovic, S. T. & Brunner, J. F. 2003. Evaluación de una formulación atracticida para control de *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae) en manzanos en el estado de Washington, EEUU. *Agric. Tec.* 63: 231-239.
- Dalton, R, 2005. Saving the agave. *Nature* 438: 1070-1071.
- Díaz, N. V., Díaz, N. V., M. G. Sánchez, and N. E. Gillette. 2006. Respuesta de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins) a dos isómeros ópticos de verbenona. *Agrociencia* 40: 349-354.
- Dietz, F J; Van der Ploeg, F., & Van der Straaten, J. 1991. Environment Policy and the Economy. Elsevier. 331 p.
- EPPO 2005. Alert list. . *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae), sisal weevil. Disponible en: [http:// www.eppo.org/ QUARANTINE/alert_List/insects/scypat.htm](http://www.eppo.org/QUARANTINE/alert_List/insects/scypat.htm).
- Espinosa P.H., E. Bravo M., P. López L. y C. Arredondo V. 2005. El agave mezcalero de Oaxaca: avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No. 3. México. 180 pp.
- Figueroa-Castro, P. 2009. Fluctuación poblacional y trampeo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) con feromona de agregación en plantaciones de agave tequilero en Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 63 p.
- Fucikovsky, Z. L. 1999. Estudio de la fitosanidad del agave tequilero. pp 3-4 *In: El Agave*. Bernache P., F. y A. Avalos C. (Eds). Gaceta informativa Año 1 no. 2.

- Union Agrícola Regional de Mezcal Tequilero del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco. México.
- 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 p.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. University of Arizona Press. Tucson, U.S.A. p. 669.
- Giblin-Davis, R. M., J. M. Peña, & R. E. Duncan. 1994. Lethal trap for evaluation of semiochemical mediated attraction of *Metamasius hemipterus sericus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Fla. Entomol.* 77: 247-255.
- Giblin-Davis, R. M., J. M. Peña, A. C. Oehlschlager & A. L. Pérez. 1996. Optimization of semiochemical-based trapping of *Metamasius hemipterus sericus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Chem. Ecol.* 22:1389-1410.
- González, H. H. Solís A. J. F., Pacheco, S. C., Flores, M. F., Rubio, C. R & Rojas, L. J. 2007a. Insectos barrenadores del agave tequilero. pp 39-67. *In: Manejo de plagas del agave tequilero.* H. González H., J. I. Del Real L. & J. F. Solís A. (Eds). Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S. A. de C. V., Zapopan, Jalisco, México.
- González, H. H. Solís A. J. F., Pacheco, S. C., Flores, M. F., Rubio, C. R & Rojas, L. J. 2007b. Insectos chupadores y del follaje del agave. pp: 68- 79. *In: Manejo de plagas del agave tequilero* (H. González H., J. I. Del Real L. & J. F. Solís A. (Eds). Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S. A. de C. V., Zapopan, Jalisco, México.
- Halffter G. 1957. Plagas que afectan las diferentes especies de agaves cultivadas en México. Dirección General de la Defensa Agrícola. México. SAG.135 pp.
- Hallett, R. H., Oehlschlager, A. C. and Borden, J. H. 1999. Pheromone trapping protocols for the Asian palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: curculionidae). *International Journal of pest Management*, 45 (3): 231-237.

- Hardee, D. D., Mckibben, G. H., Rummel, D. R., Huddleston, P. M., & Coppege, J. R. 1974. Response of boll weevils to component ratios and doses of the Grandlure. *Environ. Entomol.* 3: 135-138.
- Hedin, P. A., G. H. Mckibben, E. B. Mitchel & W. L. Johnson. 1979. Identification and field evaluation of the compounds comprising the sex pheromone of the female boll weevil. *J. Chem. Ecol.* 5: 617-627.
- Hill, D. S. 1983. Agricultural insect Pests of the tropics and their control. Second edition. Cambridge University Press. New York, USA.
- Huxman, T. E., K. A. Huxman, & M. R. Stamer. 1997. Dispersal characteristics of yucca weevil (*Schyphophorus yuccae*) in flowering field of *Yucca whipplei*. *Great Basin Naturalist* 57: 38-43.
- Jaffé, K., P. Sánchez, H. Cerda, N. Urdaneta, J. V. Hernández, G. Guerra, R. Martínez & B. Miras. 1993. Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): attraction to host plants and to a male produced aggregation pheromone. *J. Chem. Ecol.* 19: 1703-1720.
- Jakus, R. & M. Blazenec. 2002. Influence of proportion of (4S)-cis-verbenol in pheromone bait on *Ips typographus* (Col., Scolytidae) catch in pheromone trap barrier and in single traps. *J. Appl. Entomol.* 126: 306-311.
- Jansson, R. K., L. J. Mason, & R. R. Heath. 1991. Use of sex pheromone for monitoring and managing *Cylas formicarius*. pp. 97-138. *In: Sweet Potato Pest Management: A Global Perspective*. Jansson, R. K., and K.V. Raman, (eds.). Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- Jansson, R. K., L. J. Mason., R. R. Heath, K. A Sorensen, A. M. Hammond y J.V. Robinson. 1992. Pheromone trap monitoring system for sweet potato weevil (Coleoptera: Apionidae) in the southern United States: effects of trap type and pheromone dose. *J. Econ. Entomol* 85 (2): 416-423.
- Jones, O.T. 1998. Practical applications of pheromones and other semiochemicals pp. 263-355. *In P. Howse, I. Stevens, and O. Jones (Eds.) Insects pheromones and their use in pest management*. Chapman and Hall, London, UK.
- Judson, A. R.; Gordon, R. F. 1989. Insect pheromones in plant protection. John Wiley & Sons, New York. 369 p.

- Keller, J. C., E. B. Mitchell, G. Mckibben y T. B. Davich. 1964. A sex attractant for female boll weevils from males. *J. Econ. Entomol.* 57: 609-610.
- Llanderal, C. C. 2000. Introducción a la fisiología de insectos. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, estado de México. 190 p.
- Lock, G.W. 1969. Sisal. Thirty year's sisal research in Tanzania. Second edition. Tanganyika sisal Growers Association. Longmans, Green and Co. London, Great Britain. 365 pp.
- Los municipios del estado de Jalisco. 1988. Enciclopedia de los municipios de México. Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado de Jalisco. En línea: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/jalisco>
- Lugo, G. G. 2007. Determinación de especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas al *Agave tequilana* Weber var. Azul en Jalisco, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 71 p.
- Luna, H. G. 2001. Hacia un manejo integrado de plagas. Fundamentos y recomendaciones prácticas. *Agave tequilana*. 2° ed. Guadalajara, Jal. México. 184 p.
- Martínez, L. E. 1999. Tequila: tradición y destino. Revimundo. México.
- Mirás, B., Issa, S., & Klaus, J. 1997. Diseño y evaluación de trampas cebadas con hembras vírgenes para la captura del perforador del fruto del tomate. *Agron. Trop.* 47: 315-330.
- Nielsen, D. G. 1981. Studying biology and control of borers attacking Woody plants. *Bulletin, ESA.* 27 (4): 251-259.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Editorial Trillas. México, D. F. 211p.
- NOM-EM037-FITO-2002. Especificaciones fitosanitarias para la producción y movilización de *Agave tequilana* Weber variedad azul.
- NOM-006-SCFI-2005. Bebidas alcohólicas-tequila especificaciones.
- Nordlung, D. A & W. J. Lewis. 1976. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *J. Chem. Ecol.* 2: 211-220.

- Nordlung, D. A. 1981. Semiochemicals: A review of the terminology. pp: 450-466. *In* Semiochemicals: their role in pest controls. Nordlung, D.A., Jones, R.L., Lewis, W.J. Eds. London, Wiley.
- Oehlschlager, A. C., C. M. Chinchilla, G. Castillo & L. M. González. 2002a. Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Fla. Entomol.* 85: 507-513.
- Oehlschlager, A. C., L. M. González, M. Gómez, C. Rodríguez, & R. Andrade. 2002b. Pheromone-based trapping of West Indian sugarcane weevil in a sugarcane plantation. *J. Chem. Ecol.* 28: 1653-1664.
- Pacheco, S. C. 2002. Efectividad biológica de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) sobre el picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyll, en Atotonilco, Jalisco. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.
- Peniche, R.P. 1985. Evolución histórica de la producción del henequén. En: Cruz. C., Del Castillo L., Robert M., Ondarza.
- Pérez D., J. F. y R. Rubio C. 2007. Tecnología de manejo y control de plagas del agave. P. 135-168 In Rulfo V., F. O. *et al.* (Ed.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacifico Centro.
- 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.
- Pérez, A.L., Y. Campos, C. M. Chinchilla, A. C. Oehlschlager, G. Gries, R. Gries. R. M. Giblin-Davis, G. Castrillo, J. E. Peña, R. E. Duncan, L. M. González, H. D. Pierce, Jr., R. McDonald, & R. Andrade. 1997. Aggregation pheromone and host kairomones of the West Indian sugarcane weevil, *Metamasius hemipterus sericus*. *J. Chem. Ecol.* 23: 869-888.

- Pérez, S. P. 1980. Las plagas más importantes del maguey pulquero en México. P. 609-616. In: Memoria del VIII Simposio Nacional de Parasitología agrícola. 15-18 de octubre. Torreón, Coah., México.
- Pineda M. G. 1983. Control químico de las plagas y enfermedades más comunes del maguey pulquero. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Raina, A. K., & Menn, J. J. 1987. Endocrine regulation of pheromone production in Lepidoptera, pp. 159-174 En Prestwich, G. D. & G. J. Blomquist (Eds.), pheromone biochemistry. Academic Press, New York.
- Ramírez-Choza, J. L. 1978. Reporte. Evaluación del daño, biología, comportamiento y método de control del max del henequén *Scyphophorus interstitialis* en Yucatán, CIAPY, Yucatán, México.
- Ramírez-Choza, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* bioecología y control. Serie Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP-SARH. Mérida, Yucatán, México. 127 p.
- Rangel-Reyes, D. N. 2007. Compuestos volátiles del *Agave tequilana* Weber var. Azul, que son atractivos para el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 97 p.
- Reddy, G. V. P., R. Fettkoher, U. Noldt & K. Dettner. 2005. Capture of female *Hylotrupes bajulus* as influenced by trap type and pheromone blend. *J. Chem. Ecol.* 31: 2169-2177.
- Rodríguez G., B. 1999. La investigación en agave tequilero en el CIATEJ. In: Bernache P., y A. Avalos C. (eds.). El agave. Unión Agrícola Regional de Mezcal Tequilero del estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. Gaceta Informativa Año 1 (2): 2-3.
- Rojas J. C., H. González H., C. Ruíz M., D. N. Rangel R., E. I. Ceja., G. García C. & I. Del Real L. 2006. Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal. Pp: 51-58. In: Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. J. F. Barera y P. Montoya (Eds). Sociedad

- Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas. 51-58.
- Rojas, J., Malo, E. A., Macías. J. E. 2008. Uso de semioquímicos en el manejo integrado de plagas. pp: 167-182. *In: Manejo integrado de plagas.* J. Toledo, E. Infante F. (Eds). Ed. Trillas. México, D.F.
- Rubio C., R. 2007. Enfermedades del cultivo del agave. Pp. 169-195. *In: Rulfo V., F. O. et al (ed). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. *Libro Técnico* No. 4. Tepatitlán de Morelos, Jal.
- Ruíz, N. L. A. 2001. Evaluación poblacional del picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su daño en piñas de *Agave tequilana* Weber en Jalisco, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 41 p.
- Ruiz-Montiel C., Hernández, G. H., Leyva, J., Llanderal, C. C., Cruz, L. L., Rojas, C.J. 2003. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1126-1131.
- Ruiz-Montiel, C. 2003. Comunicación química de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae). Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Ruíz-Montiel, C., G. García-Coapio, J. C. Rojas, E. A. Malo, L. Cruz-López, I. del Real, & H. González-Hernández. 2008. Aggregation pheromone of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Entomol. Exp. Appl.* 127: 207-217.
- Ruíz-Montiel, C., J. C. Rojas, L. Cruz-López & H. González-Hernández. 2009. Factors affecting pheromone by *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.* 38: 1423-1428.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2010. Disponible en: <http://www.sagarpa.org.mx>. Consulta:

- Sansano, J. M. P., Gómez, V. S. Ferry, M y Díaz, E. G. 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.
- Sappington, T. W. 2002. Mutual interference of pheromone traps within trap lines on captures of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) *Environ. Entomol* 31(6): 1128-1134.
- SAS Institute. 2002. The SAS System for windows. Version 9.0.
- SIAP. 2007. Servicio de Información Agrícola y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx>
- SIAP. 2009. Servicio de información Agrícola y Pesquera.SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx>
- Siller, J. M. G. 1985. Ciclo biológico del picudo del maguey *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae) y algunas consideraciones sobre su impacto económico. Tesis de licenciatura. UNAM. México, D.F. 91 p.
- Solís A., J. 2001. El picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Jalisco, México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 93 p.
- Solís, A. J. F., Rojas, J. C., Bernal, J. S., González, H. H. 2006. La academia en la problemática fitosanitaria del agave tequilero: manejo de plagas. Pp:89-115. *In: Estado actual del manejo de plagas y enfermedades del agave tequilero: Memorias Simposio Prioridades Fitosanitarias Actuales en el cultivo del Agave tequilana* Weber var. Azul. Julio S. Bernal., Orozco, H. A., Del Real, L. J.I y González, H. H (Eds.) Manzanillo, Colima, México.
- Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza & A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Sosa, M. A., Simonella, M. A., Fogar, M. A., Scribano, R., Sosa, R. N.y Vitti, S. D. E. 2009. Capturas de adultos de picudo del algodón en trampas con feromona con dos tipos de cono, en tres localidades. VII congreso Brasileiro do algodao, foz do Iguazu. pp: 498-504.

- Thompson, R. T. 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera: Curculionoidea) with a key to major groups. *J. Natural History* 26: 835-891.
- Tinzaara, W., C. S. Gold, G. H. Kagezi, M. Dicke, A. Van Huis & P.E. Ragama. 2005b. Factors influencing pheromone trap effectiveness in attracting the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Int. J. Pest Manag.* 51: 281-288.
- Tinzaara, W., C. S. Gold, G. H. Kagezi, M. Dicke, A. Van Huis, M. C. Nankinga, W. Tushemereirwe & P. E. Ragama, 2005a. Effects of two pheromone trap densities against banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, population and their impact damage in Uganda. *J. Appl. Entomol.* 129: 265-271.
- Valdez E., M.A., L. Aldana L., Figueroa B., M. Gutiérrez O., M. C. Hernández R. and T. Chaveras M. 2005. Trapping of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) with two natural baits in a field of *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in the state of Morelos, México. *Fla Entomol.* 88: 338-340.
- Valdez- Rodríguez, S., J. L. Ramírez- Choza, J. Reyes- López & A. Blanco-Labra. 2004. Respuesta del insecto max (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae)) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zool. Mex.* (n.s) 20: 157-166.
- Valenzuela, Z. A. G. 1997. El agave tequilero: su cultivo e industria. 2° ed. Litteris Editores y Monsanto. Guadalajara, Jalisco. México. 204 p.
- Valenzuela, Z. A. G. 2000. El mundo diverso del agave. In: 100% tequila. Jul-sep. Año 1(4): 22-23..
- Vaurie, P. 1971. Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). *The Coleop. Bull.* 25: 1-8.
- Waring, G. L., & R. I. Smith. 1986. Natural history and ecology of *Schyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 79: 334-340.
- Weissling, T. J., R. M. Giblin- Davis, & R. H. Scheffrahn. 1993. Laboratory and field evidence for male- produced aggregation pheromone in *Rhynchophorus cruentatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Chem. Ecol.* 19: 1195-1203.