



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS BIÓTICOS

COMPORTAMIENTO SEXUAL, DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA
GLÁNDULA METATORÁCICA E IDENTIFICACIÓN DE LOS
SÉNSULOS ANTENALES DE *Leptoglossus zonatus* DALLAS
(HETEROPTERA: COREIDAE)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN

MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES
PRESENTA

AGUSTÍN JESÚS GONZAGA SEGURA

YAUTEPEC, MORELOS, DICIEMBRE DE 2011





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Yauatepec, Morelos siendo las 13:00 horas del día 3 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CEPROBI para examinar la tesis titulada:

Comportamiento sexual, descripción morfológica de la glándula metatorácica e identificación de los sénsulos antenales de *Leptoglossus zonatus* Dallas (Heteroptera: Coreidae).

Presentada por el alumno:

Gonzaga
Apellido paterno

Segura
Apellido materno

Agustín Jesús
Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	3	0	7
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Víctor Rogelio Castrejón
Gómez

Dr. Ángel René Arzuffi Barrera

Dra. Gabriela Sepúlveda Jiménez

Dra. Norma Reyna Robledo
Quintos

Dr. Federico Castrejón Ayala

DR. Miguel Gerardo Velázquez del
Valle

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Antonio Ruperto Jiménez Aparicio

SEP-IPN
CENTRO DE DESARROLLO
DE PRODUCTOS BIÓTICOS
YAUTEPEC, MOR.

Handwritten initials



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Con base en el artículo 57 fracción I del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente y en la Sección IV del Código de Ética del IPN, hacemos constar que el trabajo de tesis “**Comportamiento sexual, descripción morfológica de la glándula metatorácica e identificación de los sénsulos antenales de *Leptoglossus zonatus* Dallas (Heteroptera: Coreidae)**” es responsabilidad del Dr. Víctor Rogelio Castrejón Gómez , el Dr. Ángel René Arzuffi Barrera y Agustín Jesús Gonzaga Segura y que ni los datos experimentales ni el texto han sido usados para obtener otro grado académico en el país o en el extranjero. Cualquier colaboración o cita textual fue declarada y reconocida en el documento.

Yautepec, Morelos, 24 de Noviembre 2011.

ATENTAMENTE

Dr. Víctor Rogelio Castrejón Gómez

Dr. Ángel René Arzuffi Barrera

Agustín Jesús Gonzaga Segura



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Yauatepec, Mor. siendo el día 24 del mes de Noviembre del año 2011, el que suscribe **Agustin Jesus Gonzaga Segura**, alumno del Programa de Maestría en Ciencias en Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades, con número de registro B091307, adscrito al Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Víctor Rogelio Castrejón Gómez y del Dr. Ángel René Arzuffi Barrera y cede los derechos del trabajo titulado “Comportamiento sexual, descripción morfológica de la glándula metatorácica e identificación de los sénsulos antenales de *Leptoglossus zonatus* Dallas (Heteroptera: Coreidae)”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas, o datos del trabajo, sin el permiso expreso del autor y/o director (es) del trabajo. Este puede obtenerse escribiendo a la siguiente dirección: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yauatepec-Jojutla, Km 6.0, Calle CeProBi No.8, Col. San Isidro, C.P. 62731 Yauatepec, Morelos, México, Fax: (52) (01) (55) 57296000 ext. 82512 ó 01-7353941896, e-mail: ceprobi@ipn.mx (<http://www.ceprobi.ipn.mx>). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Agustín Jesús Gonzaga Segura

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología Química de Insectos del Departamento de Interacciones Planta-Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional bajo la dirección del Dr. Víctor Rogelio Castrejón y el Dr. Ángel René Arzuffi Barrera. Para la realización de los estudios se contó con el apoyo económico de CONACyT (Registro: 331029) y del Programa Institucional de Formación de Investigadores de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN. La investigación fue realizada con financiamiento otorgado a los proyectos de la SIP 20101179 y 20111131.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y personalmente.

Al CEPROBI, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría durante esta etapa de mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme una beca de maestría para el desarrollo de mis estudios.

Al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), por el apoyo económico brindado durante el transcurso de mis estudios.

Al Comité Revisor de Tesis, integrado por el Dr. Víctor R. Castrejón Gómez, Dr. René Arzuffi Barrera, Dra. Gabriela Sepúlveda Jiménez, Dra. Norma Robledo Quintos, Dr. Federico Castrejón Ayala y Dr. Miguel Velázquez del Valle, por su participación, sugerencias y comentarios oportunos para la realización de éste trabajo.

Un especial agradecimiento al M. en C. Jorge Valdez Carrasco del Colegio de Posgraduados (Campus Montecillo), por darme la oportunidad de compartir su experiencia académica, además de la hospitalidad y la atención brindada en la realización de este trabajo.

A Dios, por darme la oportunidad de vivir una de las experiencias más gratificantes y emocionantes.

A mi familia, amigos, compañeros de escuela, personal docente, administrativo y campo del CEPROBI, y demás personas que influyeron en mi preparación personal y académica.

A todos ustedes gracias.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	3
2.1. Características generales de Heteroptera	3
2.2 Biología de <i>Leptoglossus zonatus</i>	4
2.3 Comportamiento sexual de Heteroptera	6
2.4 Feromonas en Heteroptera	7
2.5 Morfología de las glándulas odoríferas en Heteroptera	9
2.6 Antenas y sénsulos en Heteroptera	11
2.6.1 Tipos de sénsulos en Heteroptera	14
3.- JUSTIFICACIÓN	15
4.- OBJETIVOS	16
5.- METODOLOGÍA	17
5.1 Colecta, identificación y establecimiento de la cría de <i>Leptoglossus zonatus</i>	17
5.2 Registro del comportamiento sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	17
5.2.1 Actividad sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	17
5.2.2 Descripción del comportamiento sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	18
5.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de <i>Leptoglossus zonatus</i>	19
5.4 Caracterización morfológica de la antena de <i>Leptoglossus zonatus</i>	20
6.- RESULTADOS	21
6.1 Actividad sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	21
6.2 Descripción del comportamiento sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	22

6.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de <i>Leptoglossus zonatus</i>	24
6.4 Caracterización morfológica de la antena y sénsulos de <i>Leptoglossus zonatus</i>	27
6.4.1 Descripción morfológica de los sénsulos de <i>Leptoglossus zonatus</i>	29
7.- DISCUSIÓN	37
7.1 Actividad sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	37
7.2 Descripción del comportamiento sexual de <i>Leptoglossus zonatus</i>	39
7.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de <i>Leptoglossus zonatus</i>	41
7.4 Caracterización morfológica de las antenas de <i>Leptoglossus zonatus</i>	43
8.- CONCLUSIONES	48
9.- PERSPECTIVAS	49
10.- BIBLIOGRAFÍA	51

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Longitud del cuerpo y de las antenas de <i>L. zonatus</i> .	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Porcentaje de cópula de <i>L. zonatus</i> en condiciones de laboratorio. La flecha indica la hora en que se apagaba la luz (19 h).	22
Figura 2. Etograma del comportamiento sexual de <i>L. zonatus</i> en condiciones de laboratorio. Como resultado de las interacciones de corto alcance, representa la frecuencia de cada patrón.	23
Figura 3. Morfología externa y localización de la glándula metatorácica en <i>L. zonatus</i> A) Protórax (I), Mesotórax (II), Metatórax (III), Abertura de la glándula (Ag); B) Fosa coxal del metatórax (Fcm) Peritrema (P), Borde inferior (Bi), Borde superior (Bs) y Superficie evaporativa (Se).	25
Figura 4. Morfología interna de la glándula metatorácica en <i>L. zonatus</i> . Primer esternón abdominal (Pea), Segundo esternón abdominal (Sea), Vestíbulo (V), Conducto derecho (Cd), Conducto izquierdo (Ci), Pliegue posterior (Pp), Pliegue anterior (Pa), Esclerito hemisférico (Eh), Glándula metatorácica derecha (Gmtd), Glándula metatorácica izquierda (Gmti) y Reservorio (R).	26
Figura 5. Glándula metatorácica de <i>L. zonatus</i> . A) Pliegue posterior (Pp) y Pliegue anterior (Pa). B) Músculo dilatador (Md), Músculo dilatador anterior (Mda) y Músculo dilatador posterior (Mdp).	28
Figura 6. Micrografías del microscopio electrónico de transmisión de la antena de <i>L. zonatus</i> en donde se observan diferentes tipos de sénsulos. A) tricoideo estriado grande (teg), tricoideos aplanados (ta), B) tricoideo estriado pequeño (tep), C) tricoideo liso (tl) y D) tricoideo liso pequeño (tlp).	32

Figura 7. Tipos de sésulos identificados en la antena de *L. zonatus*. E) Se observan 35
cuatro tipos de sésulos basicónicos (b₁, b₂, b₃ y b₄), F) sésulo basicónico tipo
5 (b₅), G) sésulo celocónico (c), H) sésulo campaniforme (ca), I) sésulos
placoideos (pl) y J) microtrichias (m).

RESUMEN

Leptoglossus zonatus es un insecto polífago que causa pérdidas económicas en diferentes cultivos como el maíz, sorgo, frutales y algunos cultivos industriales. En este trabajo se determinó la edad y la hora de mayor actividad sexual colocando parejas de adultos de dos días de edad. Las observaciones se realizaron cada dos horas en un periodo de 24 horas continuas cada tercer día, durante un periodo de tiempo total de 60 días. También se describió el comportamiento sexual de este insecto en condiciones de laboratorio, mediante la construcción de un etograma; utilizando 3 grupos de insectos formando 30 parejas (2 machos, 1 hembra; 2 hembras, 1 macho y 2 hembras, 2 machos) cada uno. También se caracterizó morfológicamente la glándula metatorácica (MTG) en ambos sexos, la cual se encuentra en la fosa coxal metatorácica y está formada por un reservorio bien diferenciado, dos conductos y dos glándulas accesorias. Además se estudiaron los sénsulos antenales de ambos sexos, por medio de microscopía electrónica de barrido. Se identificaron seis tipos de estructuras sensoriales: tricoideos, placoideos, basicónicos, celocónicos, campaniformes, y microtrichias. En ambos sexos no se encontró una diferencia sexual en estos sénsulos. Se realizaron mediciones de la antena y tamaño del cuerpo de ambos sexos (n=10). La longitud de la antena de machos fue 12.35 ± 0.20 mm y de hembras 12.33 ± 0.26 mm, el ancho de la antena de machos fue 0.23 ± 0.01 mm y de hembras 0.23 ± 0.011 mm, el ancho del flagelo de machos fue 0.31 ± 0.01 mm y hembras 0.33 ± 0.01 mm, el largo del flagelo en machos fue de 9.83 ± 0.16 mm y hembras 10.07 ± 0.16 mm y longitud del cuerpo en machos fue de 15.51 ± 0.27 mm y para hembras fue de 16.88 ± 0.44 mm (media \pm EE). En esta última medición se encontró que la hembra fue significativamente más grande que el macho. El tiempo promedio de maduración sexual fue de 25 ± 8.20 días (media \pm DE). Dos

picos máximos de actividad fueron registrados, en la fotofase fue a las 14:00 h y en la escotofase a las 22:00 h. Los patrones de comportamiento establecidos fueron: acicalamiento, movimiento del abdomen, movimiento de antenas, tocado de antenas por ambos sexos, monta y la cópula. En la descripción morfológica de la glándula metatorácica no se encontró un dimorfismo sexual en este insecto.

ABSTRACT

Leptoglossus zonatus is a polyphagous insect that causes economic losses in different crops as corn, sorghum, fruit and some industrial crops. In this work were determined the age and time of increased sexual activity by placing pairs of adults of two days old. The observations were made every two hours over a period of 24 continuous hours every third day for a total period of 60 days. It also described the sexual behavior in laboratory conditions through the construction of an ethogram, using 3 groups of insects forming 30 pairs (2 males, 1 female, 2 females, 1 male and 2 females, 2 males). Also was characterized morphologically the gland metathoracic (MTG) in both sexes, which is in metathoracic coxal pit and is formed by a reservoir well differentiated, two tubes and two accessory glands. We studied the antennal sensilla of both sexes, using scanning electron microscopy. We identified six types of sensory organs: trichodea, basiconica, coeloconica, campaniform, placodea and microtrichia. In both sexes were found no sex difference in these sensilla. Measurements were made of the antenna and body size of male and female (n = 10). The antenna length of males was 12.35 ± 0.20 mm and 12.33 ± 0.26 mm females, width of the antenna of males was 0.23 ± 0.01 mm and 0.23 ± 0.011 mm females, width the flagellum of males was 0.31 ± 0.01 mm and 0.33 ± 0.01 mm females, the length of the flagellum in males was 9.83 ± 0.16 mm and 10.07 ± 0.16 mm females and length from the body in males was 15.51 ± 0.27 mm and for females was 16.88 ± 0.44 mm (mean \pm SEM). This last measurement was different, being the largest female than male. The average sexual maturity was 25 ± 8.20 days (mean \pm SD). Two peaks of activity were recorded, in the photophase was at 14:00 h and the scotophase was at 22:00 h. The established patterns of behavior were: grooming, movement of the abdomen, moving antennae, touch of

antennae by both sexes and finally the copulation. In the description of the morphological metathoracic gland were not found sexual dimorphism in this insect.

1.- INTRODUCCIÓN

Leptoglossus zonatus Dallas (Heteroptera: Coreidae) se distribuye desde el norte de Estados Unidos hasta el sur de Argentina (Allen, 1969). En México se reporta que *L. zonatus* causa daños en diferentes cultivos como cítricos, cucurbitáceas, solanáceas y poáceas (Pillegi de Souza y Do Amaral Filho, 1999).

Tanto las ninfas como los adultos causan daños directos alimentándose de hojas y frutos provocando un aborto prematuro de los frutos, además de malformaciones en las semillas, esta chinche ha sido, considerada una plaga perenne (Xiao y Fadamiro, 2010; Grimm y Fuhrer, 1998; Matrangolo y Waquil, 1994). Este insecto causa daños a través de su aparato bucal ocasionando pérdidas en el peso, rendimiento y calidad del fruto. Se ha reportado que los adultos de *L. zonatus* machos y hembras causan más daños que las ninfas (Xiao y Fadamiro, 2010).

Entre los métodos de control para este insecto se encuentran el biológico, algunos parasitoides utilizados como *Gryon spp.*, *Oencyrtus spp.*, *Anastatus spp.*, *Neorileya spp.*, y *Trichopoda sp.* (Pillegi de Souza y Do Amaral Filho, 1999), algunos hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Bals) Vuil y *Metarhizium anisoplie* (Metsch) Sorok (Grimm y Guharay, 1998) además del uso de insecticidas químicos (Alfonso, 1998).

Sin embargo, por los cambios recientes en el manejo de cultivos a través de los métodos de control antes mencionados, han generado nuevos problemas debido a los altos niveles de resistencia de algunas especies de Heterópteros (Millar *et al.*, 2002). Por lo tanto es necesario saber más de su biología y así poder desarrollar otros métodos que permitan mejores resultados en el control de chinches como el uso de feromonas especialmente las

sexuales, que es una herramienta para el Manejo Integrado de Plagas, siendo confiable, segura y específica para el control de insectos plaga (Nandagopal *et al.*, 2008; Alpizar, 2002; Alvarado *et al.*, 1991).

En el caso de algunos coreidos se sabe que ciertos volátiles son liberados a través de órganos especializados como las glándulas metatorácicas de olor (MTG, por sus siglas en inglés) (Durak y Kalender, 2007) y que a su vez son detectados por órganos sensoriales localizados en las antenas de los conespecíficos y aún por el mismo individuo que los está liberando (Romani y Rossi, 2009). El conocimiento acerca de la estructura de la glándula productora, receptores sensoriales y el comportamiento sexual de este insecto son necesarios para la implementación de métodos de manejo basados en el uso de feromonas.

Hasta el momento sólo se tiene reportado una feromona de alarma para *L. zonatus* (Leal *et al.*, 1994). El presente estudio pretende conocer aspectos básicos de comportamiento sexual, la descripción morfológica de la glándula metarorácica e identificación de los órganos sensoriales en la antena de *L. zonatus*.

2.- ANTECEDENTES

2.1. Características generales de Heteroptera

El grupo más numeroso de organismos sobre la tierra son los insectos, dentro de esta clase, se encuentra el orden Heteroptera, algunos autores han dividido al orden Hemiptera en dos subordenes: Heteroptera y Homoptera. Las chinches verdaderas estaban antes asociadas con los Homoptera en los Hemiptera. Actualmente se usa solo el término de Heteroptera para evitar confusión, y los Homoptera y los Hemiptera como subórdenes de Heteroptera (Heckman, 2011).

Los heterópteros conocidos comunmente como chinches verdaderas, se caracterizan por tener ojos compuestos desarrollados, generalmente dos ocelos, antena con cuatro o cinco artejos o segmentos, aparato bucal succionador para picar y succionar, cabeza de forma variable, dos pares de alas sobre puestas en el abdomen y las patas pueden tener funciones para el salto o la natacion, siendo los Heteroptera el cuarto orden de importancia económica para Estados Unidos de America y norte de México (Heckman, 2011; Schaefer y Panizzi, 2000; Borror *et al.*, 1989).

Las 37,000 especies descritas del orden Heteroptera incluyen una gran variedad de especies que atacan a cultivos agrícolas y bosques teniendo una repercusion económica por los daños que pueden ocasionar de manera directa, además de que también causan problemas en seres humanos por ser transmisores de enfermedades. También muchas familias de diferentes especies son benéficas como Anthocoridae y Veliidae (Randall y Slater, 1995), ya que se pueden utilizar en algunos casos como agentes de control biologico (Schaefer y Panizzi, 2000).

La mayoría de las diferentes especies de Heteroptera son fitófagos, alimentándose de los cultivos que el hombre utiliza para su alimentación, atacan las partes vegetativas en desarrollo de las plantas (puntas de crecimiento, semillas, frutos) y en ocasiones llevan microorganismos que pueden causar enfermedades a los cultivos (Randall *et al.*, 1995). Los Heteroptera representan una fauna importante a nivel mundial en muchos cultivos y rara vez muestran preferencias a un hospedero específico. Entre algunas familias de importancia económica se encuentran: Alydidae, Lygaidae, Miridae, Pentatomidae, Scutelleridae, Tingidae y Coreidae. (Fauvel, 1999; Randall *et al.*, 1995).

Los Coreidae atacan a diversos cultivos, morfológicamente se les caracteriza por tener cuatro segmentos antenales, presencia de ocelos y las alas anteriores con numerosas membranas. Pueden tener un tamaño mayor a 1 cm, los fémures son de tamaño engrosado y en algunas tibias posteriores que parecen como hojas, de ahí el nombre de chinches patas de hoja (Maes y Goellner, 1993).

La familia Coreidae se conoce comúnmente como chinches apestosas o insectos pata de hoja, muchas especies son fitófagas, además esta familia se caracteriza por ser gregarios, especialmente las ninfas. Son un grupo de importancia económica que pueden causar pérdidas en los cultivos (Randall *et al.*, 1995). Estos insectos pueden atacar cuando comienza la formación de granos, vainas o frutos en las diferentes especies vegetales, succionando los jugos, lo que impide el desarrollo de los mismos (Tellez y Maes, 1991).

2.2 Biología de *Leptoglossus zonatus*

La chinche patas de hoja *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Heteroptera: Coreidae), fue descrita en México y se conoce en los Estados Unidos, Guatemala, Honduras, El Salvador,

Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y México (Matrangolo y Waquil, 1994). Los adultos son de color café-oscuro, con una banda de color amarillo claro en zig-zag sobre las alas, sus patas posteriores se presentan en forma de tibias aplanadas, además de tener dos manchas amarillas en el pronoto y dentro de éstas unas pequeñas manchas de color negro, lo cual es característico de la especie (Brailovsky y Barrera, 1998).

Esta plaga tiene diferentes hospederas, generalmente cultivos básicos como el maíz, el sorgo, cucurbitáceas (melón), frutales (aguacate, granada, guayaba, pitahaya, cítricos), oleaginosas (ajonjolí, girasol), industriales (algodón), solanáceas (papa, tomate), leguminosas (frijol), ornamentales y forrajeras, por lo que es considerado como un insecto polífago (Xiao y Fadamiro, 2010; Pillegi de Souza y Do Amaral Filho, 1999; Raga *et al.*, 1995; Matrangolo y Waquil, 1994; Kubo y Batista, 1992). Además es una de las plagas más frecuentes que se encuentra en las plantaciones de *Jatropha curcas* (*Euphorbiaceae*) (especie que ha cobrado importancia para la producción de biodiesel), donde se puede localizar, en ramas, hojas y frutos donde se alimentan (Morales *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2010; Grimm y Fuhrer, 1998).

En años recientes *L. zonatus* se ha distribuido ampliamente considerándose una plaga perenne (Fadamiro *et al.*, 2008). Es una especie que puede ocasionar daños directos y grandes pérdidas económicas (Xiao y Fadamiro, 2010; Henne *et al.*, 2003). Se ha observado que las ninfas y los adultos al alimentarse de los frutos provocan pérdidas en el peso, rendimiento y calidad del fruto, ocasionando finalmente un aborto prematuro del fruto y malformación de las semillas de *J. curcas* (Grimm y Fuhrer, 1998). La densidad de insectos y la duración de la alimentación influyen en el daño a los frutos. Se ha reportado que los adultos de *L. zonatus* causan más daños que las ninfas (Xiao y Fadamiro, 2010). Por

ejemplo, estudios realizados en laboratorio y campo mostraron que el nivel de daño económico en la mandarina “satsuma” fue de 1 a 2 insectos adultos por fruto en ambos casos (Xiao y Fadamiro, 2010).

Diferentes métodos están siendo evaluados para el control de esta especie. Entre ellos están el control biológico, donde destacan parasitoides que incluyen a diferentes especies de los géneros *Gryon spp*, *Oencyrtus spp*, *Anastatus spp*, *Neorileya spp*, *Trichopoda sp*. (Pillegi de Souza y Do Amaral Filho, 1999). Además de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Bals) Vuil y *Metarhizium anisoplie* (Metsch) Sorok, utilizados satisfactoriamente en plantaciones de *J. curcas* en Nicaragua (Grimm y Guharay, 1998). En algunas plantaciones de *J. curcas* se han usado insecticidas como un método de control para *L. zonatus* (Alfonso, 1998).

2.3 Comportamiento sexual de Heteroptera

El comportamiento sexual en insectos está integrado de una variedad de formas para poder encontrar a su pareja, incluyendo la comunicación química por medio de feromonas sexuales (Landolt y Phillips, 1997). En este proceso intervienen señales olfativas, visuales y táctiles teniendo una acción a corta o larga distancia (Carde y Minks, 1995). Generalmente el comportamiento del macho en muchos insectos, estimula a la hembra durante el cortejo para lograr la cópula (Eberhard, 1994).

Hay diferentes eventos en el comportamiento sexual de los insectos entre los que se encuentran:

- a) Localización de la pareja a corta, mediana o larga distancia por medio de feromonas sexuales (Fauvergue *et al.*, 1995; Alcock, 1971).
- b) Reconocimiento de la pareja, que ocurre después del contacto entre los dos sexos (Van den Assem y Jachmann, 1982; Van den Assem y Putters, 1980).
- c) Cortejo, una vez que el macho y la hembra se han reconocido pueden realizar varios movimientos y a veces estos movimientos se realizan con contacto de antenas en ambos sexos (Triplehorn y Johnson, 2005).
- d) La cópula, durante el cual el macho transfiere sus espermatozoides a la hembra y es el resultado final de un apareamiento exitoso (Triplehorn y Johnson, 2005).

Los medios para la comunicación entre los sexos en insectos del Orden Heteroptera, incluyen señales acústicas y sustancias químicas. Hay evidencia que sugiere que tanto las señales de vibración (acústica) como la emisión de feromonas (química), pueden interactuar en la localización de la pareja, como se reporta en algunas especies de Pentatomidae (Bagwell *et al.*, 2008; Miklas *et al.*, 2003).

También se ha determinado en varios estudios de comportamiento, que en el apareamiento, sobre todo en distancias cortas están involucrados diferentes patrones de comportamiento sexual, por lo que antes de la cópula adoptan y realizan diferentes posturas y patrones.

En el reconocimiento de la pareja pueden estar involucrados estímulos químicos (Ho y Millar, 2001; Borges *et al.*, 1987) que durante el apareamiento son liberados por uno o ambos sexos y promueven la cópula (Baldwin *et al.*, 1971).

2.4 Feromonas en Heteroptera

En la comunicación de los heterópteros están involucrados compuestos químicos llamados infoquímicos (Dicke y Sabellis, 1988). Dentro de éstos se encuentran las feromonas, las

cuales son señales químicas que liberan un organismo que estimula una respuesta a otro organismo de la misma especie, además de ser importante en el comportamiento sexual (Landolt y Phillips, 1997).

De acuerdo a su función se pueden clasificar en sexuales, de agregación y de alarma (Demirel, 2007). Estas sustancias liberadas al ambiente permiten al insecto localizar a su pareja, sitios para alimentarse, ovipositar y defensa (Demirel, 2007).

Las feromonas sexuales son emitidas por individuos del mismo sexo para atraer al sexo conespecífico, localizando a la pareja para poder realizar el apareamiento (Baker, 1989). Estas feromonas han sido identificadas en algunas familias como: Miridae, Reduviidae, Pentatomidae y Scutelleridae (Aldrich *et al.*, 1996). Tanto hembras y machos liberan una feromona sexual (Leal *et al.*, 1998). En algunas especies de Heteroptera principalmente fitófagos como en *Nezara viridula* (Linnaeus) y *Lygocoris pabulinus* (Linnaeus), se ha observado que a larga distancia la localización de la pareja esta mediada por feromonas sexuales o de agregación, que consisten generalmente en una mezcla de volátiles (Miklas *et al.*, 2000; Groot *et al.*, 1998).

Algunos compuestos aún no han sido identificados como feromonas y por lo tanto se les ha denominado como atrayentes sexuales. Estos suelen ser volátiles liberados por el macho o la hembra de la misma especie y son importantes para el cortejo y apareamiento (Gillott, 1995). Se han reportado estos volátiles en Lygaeidae, *Helopeltis clavifer* (Walker) y *Lygocoris communis* (Knight) (McBrien y Millar, 1999). En Alydidae, *Riptortus serripes* (Fabricius) y *Mirperus scutellaris* (Dallas) (Aldrich *et al.*, 1993). También algunas especies de la familia Pentatomidae como en *Euschistus obscurus* (Palisot de Beauvois), *Euschistus heros* (Fabricius) (Borges y Aldrich, 1994) y *Oechalia schellendbergi* (Guérin). En la

familia Coreidae, *Amblypelta lutescens* (Distant), *Amblypelta nítida* (Stal) y en *Leptoglossus phyllopus* (Linnaeus) (Aldrich, 1996).

También han sido reportadas feromonas de agregación producidas y emitidas por uno o ambos sexos, para atraer conespecíficos para la alimentación, la cópula y protección (Gillot, 1995). Las feromonas de agregación han sido identificadas en chinches que atacan árboles de coníferas de la familia Coreidae *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann), *Leptoglossus corculus* (Say) (Blatt y Borden, 1996) y *Leptoglossus australis* (Fabricius) (Yasuda, 1998).

Los miembros de algunas familias de chinches verdaderas se caracterizan por el desarrollo de glándulas odoríferas, las cuales liberan sustancias irritantes. Cuando se les molesta, los adultos reaccionan descargando secreciones volátiles desde la glándula del metatórax, este tipo de volátiles son conocidos como feromonas de alarma (Leal *et al.*, 1994). Algunas especies de Coreidae como *L. zonatus*, *L. occidentalis* y *Hotea gambiae* (Westwood) se perturban fácilmente y emiten sustancias defensivas contra sus enemigos naturales, que también actúan como volátiles de alarma entre conespecíficos (Blatt *et al.*, 1998). En *L. zonatus* la feromona de alarma está compuesta por acetato de hexilo, hexanal y ácido hexanoico (Blatt *et al.*, 1998). Por lo que es posible realizar estrategias de control, basados en este tipo de feromonas (McBrien *et al.*, 1996).

2.5 Morfología de las glándulas odoríferas en Heteroptera

Las chinches verdaderas son el grupo más conocido dentro del orden Heteroptera por poseer glándulas odoríferas. Conocidas por producir mezclas de compuestos que sirven principalmente para disuadir directamente a sus enemigos. Estos compuestos pueden ser producidos en dos tipos de glándulas de acuerdo a su estado fisiológico. Las glándulas

dorso abdominales que están presentes en las ninfas y las glándulas metatorácicas de olor presentes en los adultos (Aldrich, 1988; Staddon, 1979). Los adultos producen estos compuestos en las glándulas metatorácicas de olor (MTG, por sus siglas en inglés), mientras que las ninfas las producen en las glándulas odoríferas dorsales del abdomen (DGA; por sus siglas en inglés) (Aldrich, 1988; Aldrich y Barros, 1995).

Las MTG en Heteroptera se pueden clasificar en dos tipos: el tipo “omphalein” con una abertura en el metasterno y a veces con dos aberturas cerca una de otra y el tipo “diastomien”, con dos aberturas en las cavidades de la metacoxa. Además existen estructuras principales asociadas a las MTG, el peritrema y el área evaporativa, que se encuentran en la superficie de la parte externa de las MTG y que son característicos de los Heteroptera (Carayon, 1971).

Los Coreidae son una familia que se conoce como chinchesapestosas. Las glándulas MTG en esta familia se encuentran lateralmente entre el metatórax y las patas metatorácicas. Las secreciones de las MTG generalmente son aldehídos, alcoholes, ésteres de acetato y ácidos (Aldrich *et al.*, 1990). Aldrich (*et al.*, 1979), menciona que las secreciones aromáticas de algunas especies de *Leptoglossus* son específicas, teniendo olores similares a la cereza, canela, vainilla y rosa.

Algunas familias de Heteroptera poseen MTG, estas pueden tener una función defensiva y sexual, en Alydidae las ninfas poseen MTG y estas secretan generalmente compuestos como hexano, hexanol y ésteres, en Rhopalidae poseen glándulas MTG parecidas a los Coreidae, en Pyrrhocoridae, las MTG se reducen en algunas especies y el reservorio está completamente dividido y en Pentatomidae que tienen desarrolladas las MTG y es muy parecido a los Coreidae, sus secreciones de MTG son generalmente alcanos (Aldrich, 1988).

2.6 Antenas y sénsulos en Heteroptera

La antena de los insectos está formado por tres partes: un escapo, un pedicelo y el flagelo. El escapo está situado dentro de una región membranosa de la cabeza y que se puede mover en todas direcciones. El pedicelo es el segundo artejo de la antena que une al escapo con el flagelo. El flagelo consta de la unión de varios anillos similares entre sí, siendo la parte más flexible de la antena. La antena es el órgano que tiene principalmente estructuras sensoriales llamados sénsulos, estos consisten en neuronas sensoriales que están organizadas dentro de una unidad morfológica completa parecida a una “envoltura” de células (Nation, 2002).

En el escapo y el pedicelo frecuentemente se encuentran sénsulos de tipo mecanorreceptor y en el flagelo de muchos insectos, se localizan los sénsulos olfatorios llamados quimiorreceptores. La función principal de la antena consiste en ser un receptor olfatorio en todos los insectos (Chapman, 1998).

La recepción de los infoquímicos es a través de los sénsulos quimiorreceptores que están en la antena (Keil, 1999). Estos pueden ser divididos en receptores olfativos y gustativos. Los receptores olfativos llegan a tener múltiples poros en la superficie cuticular, además de tener pared delgada. Mientras que los receptores gustativos llegan a tener un único poro, generalmente en la punta del sénsulo. Los receptores olfativos generalmente se encuentran en la antena y los receptores gustativos además de estar en la antena también están localizados sobre el aparato bucal y algunas veces en el tarso y en el ovipositor de las hembras en la mayoría de los insectos (Nation, 2002).

El conocimiento de la morfología y los tipos de sénsulos aportan información para poder entender mejor la quimiorrecepción y las respuestas de comportamiento que pueden tener los insectos a través de sustancias químicas (Keil, 1999; Zacharuk, 1985).

Los sénsulos se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes características propuestas por Frazier (1985) y Zacharuk (1980). Los sénsulos tricoideos, son pelos sensoriales o setas, estos sénsulos se encuentran distribuidos ampliamente entre los insectos. Muchos de estos sénsulos son inervados por neuronas sensoriales. Estos sénsulos que no presentan poro tienen una función táctil, mientras que los que presentan un poro o muchos poros tienen una función quimiorreceptora de contacto gustativa u olfativa respectivamente. Los sénsulos quéticos, son espinas o cerdas sensoriales, más resistentes que los tricoideos, y con frecuencia se encuentran solamente uno por segmento, consisten de un pelo inervado en una articulación (socket) flexible. El pelo puede tener un solo poro (gustativo) o sin poros (mecanorreceptor). Los sénsulos esquamiformes, son pelos aplanados o escamas sensoriales modificadas, se encuentran comúnmente en las alas y las antenas de lepidópteros, además pueden ser mecanorreceptores. Los sénsulos basicónicos, tienen forma de conos o pelos gruesos. Pueden ser de pared gruesa o delgada, pueden no tener poros (termo e hidrorreceptores) o tener un solo poro (quimiorreceptores de contacto y receptores gustativos) o muchos poros (receptores olfativos) además pueden tener pocas o muchas neuronas. Sénsulos celocónicos, tienen forma de conos o clavijas sensoriales ubicadas en pequeñas depresiones u hoyos en la cutícula. Poseen paredes gruesas o delgadas. Algunos tienen múltiples poros y funcionan como receptores olfativos, algunos no tienen poros y pueden funcionar como termo e hidrorreceptores. Sénsulos estilocónicos, consisten en conos elevados que pueden estar ubicados en hoyos o en la superficie de la cutícula, por lo general tienen una función gustativa y tienen un solo poro en la punta. Los sénsulos placoideos, son estructuras de placas multiporosas con una función olfativa, se encuentran en grupos, están en varios órdenes de insectos. Los sénsulos campaniformes, son inervados, tienen una sola neurona, que termina en una pequeña campana (de ahí su nombre) de 20 a

30 micras de diámetro. Pueden encontrarse en elevaciones o depresiones cuticulares. Transmite información acerca de la tensión mecánica en la cutícula, por ejemplo, información sobre los movimientos de las articulaciones, la tensión o presión en la superficie de la cutícula, a menudo se organizan en pequeños grupos a lo largo del eje longitudinal.

Sin embargo de acuerdo a Keil (1999) los órganos receptores también se pueden clasificar de acuerdo al tipo de membrana (pared) y poros que pueden tener, entre estos están los receptores con múltiples poros y pared delgada, suelen ser olfativos y detectan las moléculas de olor que se encuentran en el ambiente. Las aberturas de los poros a través de la cubierta cuticular permiten que las moléculas del medio ambiente entren en los sénsulos. La estructura cuticular externa puede tener la forma de un cabello (sénsulo tricoideo), como estaca (basicónicos), o la forma de estacas en un hoyo (celocónico). Los receptores con un único poro poseen una cutícula externa, son de una pared gruesa y la base puede ser flexible o no, además están cerca o se encuentran en la punta del sénsulo, usualmente tienen una función gustativa y pueden detectar sustancias químicas, también son llamados quimiorreceptores de contacto. La forma que pueden tener es como un pelo (chaetico o tricoideo), estaca (basicónico) o cúpula (estilocónico). Generalmente se encuentran en la antena y aparato bucal. Los receptores sin poros y con doble (gruesa) pared son característicos de mecanorreceptores. Estos pueden tener la forma de una cúpula (campaniforme), pelo (quético) situado en una articulación flexible, estaca (basicónico), estaca dentro de un hoyo (celocónico) con una articulación que no es flexible y los tricoideos. Todos estos pueden tener la función de receptores de temperatura y humedad (termohidrorreceptores).

2.6.1 Tipo de sésulos en Heteroptera

La mayoría de los heterópteros poseen antenas divididas en tres regiones bien definidas que son escapo, pedicelo y flagelo, este último presenta de dos a ocho segmentos (Ventura y Panizzi, 2005).

La mayoría de la información de los trabajos realizados sobre sésulos antenales en heterópteros, se basa principalmente en especies hematófagas particularmente en la familia Reduviidae como *Rhodnius prolixus* (Stal) y diferentes especies de Triatominae. Se han encontrado diferentes tipos de sésulos: tricoideos (de pared delgada y gruesa), basicónicos, celocónicos y quéticos (Carbajal de la Fuente y Catalá, 2002; Guerenstein y Guerin, 2001; Slu, 1980).

También se han realizado algunos trabajos en especies de diferentes familias fitófagas como en el Miridae *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) en donde se encontraron sésulos tricoideos estriados, quéticos y basicónicos (Chinta *et al.*, 1997; Dickens *et al.*, 1995); en los Alydidae *Neomegalotomus parvus* (Westwood) y *Riptortus pedestris* (Fabricius) se observaron sésulos tricoideos, basicónicos, celocónicos (Ventura y Panizzi, 2005; Usha y Sakuntala, 2005); en el Coreidae *Coreus marginatus* (Linnaeus) y en algunas especies de la familia Cimicidae como *Cimex lectularius* (Linnaeus) y *R. prolixus* se han identificado sésulos quéticos, tricoideos, basicónicos y celocónicos (Akent'eva, 2008); en la familia Lygaeidae como *Riptortus pedestris* (Fabricius) y *Elasmolomus sordidus* (Fabricius) de igual manera, se han observado algunos tricoideos, basicónicos y celocónicos, mientras que en los Pentatomidae *Cyclopelta siccifolia* (Westwood) y *Chrysocoris purpurea* (Westwood) se identificaron tricoideos, basicónicos, celocónicos, estilocónicos, campaniformes y quéticos (Usha y Sakuntala, 2005; Sinitsina y Chaika, 1998).

3.- JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente *L. zonatus* es un insecto que se alimenta de diferentes cultivos de importancia económica causando pérdidas en el rendimiento (Morales *et al.*, 2011).

Estudios sobre el comportamiento sexual en diferentes especies de Heterópteros, han generado información básica para poder identificar si están involucradas algún tipo de feromonas, además de la función de los órganos productores (glándula) y receptores (sénsulos antenales) de las mismas. Sin embargo, solo se han reportado pocos trabajos en relación al control por medio de feromonas en diferentes especies de Heteroptera.

En *L. zonatus* no existen trabajos relacionados al comportamiento sexual y la descripción morfológica de los órganos sensoriales antenales y de la glándula metatorácica.

Por lo cual, conocer aspectos básicos de la biología de *L. zonatus*, comportamiento sexual, la morfología interna y externa de la glándula metatorácica, así como los sénsulos antenas, son importantes para realizar estudios posteriores orientados hacia la ecología química de *L. zonatus*, que pueda ser incluido en un manejo integrado de plagas.

4.- OBJETIVOS

Objetivo general

Describir el comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus*, así como la morfología de la glándula metatorácica y los sénsulos antenales.

Objetivos específicos

- 1.-Determinar la edad de maduración sexual y el periodo diario en el que se presenta actividad sexual.
- 2.-Describir el comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus* en condiciones de laboratorio.
- 3.-Describir morfológicamente la glándula metatorácica en *Leptoglossus zonatus*.
- 4.-Describir la morfología de los sénsulos antenales en ambos sexos.

5.- METODOLOGÍA

5.1 Colecta, identificación y establecimiento de la cría de *Leptoglossus zonatus*

Todos los insectos (hembras y machos) se obtuvieron de un cultivo experimental de *J. curcas* ubicado en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi-IPN) (18°49' 28.01" N y 99°05' 44.47" O) a 1067 msnm en el municipio Yautepec y de un cultivo comercial de sorgo localizado en la localidad de Barranca Honda (18°49' 28.01" N y 99°05' 44.47" O) a 1067 msnm, en el municipio de Tlaltizapán, ambos en el estado de Morelos. Los insectos se colocaron en jaulas de acrílico (15x25x20 cm), alimentados con maíz tierno (en estado lechoso) y agua para poder reproducirlos. Una vez que las hembras colocaban los huevecillos y posteriormente emergían las ninfas, se les separaba y se colocaban en recipientes similares a los adultos. Cada estadio de las ninfas permanecía en estos recipientes en las mismas condiciones que los adultos. Cuando llegaron a la etapa adulta se les separó por sexo para la utilización de los bioensayos de comportamiento sexual o los trabajos de morfología de la glándula o de las antenas.

La identificación de los adultos a nivel de especie se realizó con base a las claves taxonómicas de Brailovsky y Barrera (1998), teniendo como característica un pronoto negro con dos manchas amarillas grandes y redondeadas con puntos de color negro dentro de estas y una banda amarilla en zig zag transversal en las alas anteriores.

5.2 Registro del comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus*

5.2.1 Actividad sexual de *Leptoglossus zonatus*

Para los bioensayos, se utilizaron parejas de adultos de dos días de edad, los cuales fueron alimentados con maíz y agua. El registro de la actividad y maduración sexual se realizó durante 24 horas continuas (haciendo las observaciones cada dos horas), cada tercer día,

durante 60 días. Para hacer el registro durante la escotofase se invirtió el fotoperiodo y para la fotofase se realizó en condiciones naturales de luz en laboratorio. Simulando el tiempo de la fase oscura y luminosa en condiciones naturales, la escotofase fue de 13 h, mientras que la fotofase fue de 11 h. Las condiciones del estudio fueron de 24.5 ± 2.8 °C y de 55.7 ± 19.2 % de humedad relativa (HR). Tanto para la fotofase como para la escotofase, se colocaron 2 parejas en recipientes de 9 x 15 cm, teniendo una n=20. Después de cada registro, los adultos se colocaron individualmente en recipientes de 5 x 8 cm. Esto evitó que los insectos copularan durante el día cuando no se realizaban los registros.

5.2.2 Descripción del comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus*

Se utilizaron adultos de 25 días de edad, formando 3 grupos de insectos que fueron de 2 machos, 1 hembra; 2 hembras, 1 macho y 2 machos, 2 hembras. Se realizó una prueba de χ^2 para los tres grupos, para corroborar que no hubiera diferencias entre estos grupos de insectos de acuerdo a los patrones y frecuencias observados de su comportamiento sexual y así poder agruparlos, por lo tanto se obtuvieron un total de n= 30 parejas y cada una de ellas se colocó a una distancia mayor a 30 cm al inicio de las observaciones.

El registro para la realización de los bioensayos en la fotofase fue entre las 12:30 y 14:30 h, con una temperatura de 27 ± 1 °C y una HR de 28 ± 6 %. Se utilizaron cajas de acrílico de 45x60x90 cm, colocando dentro de ellas a un grupo de insectos y maíz como alimento. La duración de observación de cada grupo de insectos fue de una hora. Este bioensayo consistió en observar el comportamiento sexual para determinar la frecuencia de los patrones de comportamiento observados y elaborar el etograma.

5.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de *Leptoglossus zonatus*

Se utilizaron adultos de 25 días de edad conservados en alcohol al 70%. El tórax y los primeros segmentos abdominales se separaron mediante cortes transversales, para luego macerar las preparaciones en hidróxido de potasio al 10% a 80°C durante 20 minutos. Las muestras se lavaron con agua corriente y se detuvo el macerado con agua acidulada (1% de ácido acético). Las partes microscópicas de estas muestras se montaron en bálsamo de Canadá, previa deshidratación en alcohol etílico absoluto y aclarado en xilol.

El estudio *in situ* de las glándulas y órganos relacionados se hizo con ejemplares anestesiados en una atmosfera de CO₂ y su disección se hizo cuando estaban sumergidos en agua corriente.

Para el estudio de órganos internos completos y su musculatura, se usaron insectos preservados durante dos semanas en Duboscq-Brasil, el cual es un fijador histológico compuesto por 150 ml de alcohol etílico al 80%, 60 ml de formaldehído en solución, 15 ml de ácido acético glacial y 1 g de ácido pícrico en cristales (Humason, 1967). Después de la fijación, los ejemplares se lavaron y conservaron en alcohol a 70%, hasta que se utilizaron para las observaciones.

Con ayuda de un microscopio óptico, los insectos utilizados se les realizó un corte longitudinal separando el tórax, posteriormente se les removió todo el tejido muscular hasta quedar completamente la glándula metarorácica.

Los trabajos de microscopia óptica y fotografía para la descripción de las imágenes tomadas de la glándula metatorácica se realizaron con un microscopio Tessovar y un Fotomicroscopio III, ambos de Carl Zeiss, con una cámara digital para microscopía Paxcam 5. La edición de las imágenes digitales de la glándula metatorácica se hizo con el programa GIMP 2.6.11. Dicho programa permite ir uniando cada una de las imágenes tomadas de las

diferentes partes de la glándula, para ser una sola imagen donde se aprecio la glándula completa.

5.4 Caracterización morfológica de la antena de *Leptoglossus zonatus*

En el laboratorio de Microscopía e Imagenología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi) del Instituto Politécnico Nacional, se realizaron las mediciones de la longitud del cuerpo, así como la medición de la antena (escapo, pedicelo y flagelo) de 10 adultos machos y 10 adultos hembras de 25 días de edad (n=10). Las fotografías se obtuvieron de un microscopio estereoscopio (marca Nikon SMZ 1500), todos los insectos se conservaron en alcohol al 70%.

Las antenas utilizadas en el estudio con microscopia electrónica se obtuvieron de ejemplares de 25 días de edad conservados en alcohol al 70%. Estas fueron deshidratadas en alcoholes al 80 y 90%, el exceso de liquido fue eliminado por medio de una secadora de punto crítico (Samdri 780A). Las muestras deshidratadas se pegaron en porta objetos metálicos con cinta conductora de carbón y se cubrieron con una capa de oro de 70 nm, en una ionizadora de metales (marca JEOL Fine Coat JFC-1100), el estudio se realizó en la unidad de microscopia del Colegio de Posgraduados con un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-6390/LGS), del cual se obtuvieron las micrografías de los diferentes tipos de sénsulos de cada una de las partes de la antena en *L. zonatus*. Las micrografías fueron tomadas solo de una antena de cada sexo de este insecto.

Para la medición de los sénsulos, y de las antenas, así como la longitud del cuerpo se obtuvieron con el analizador de imágenes Image tool para Windows versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002), calibrando la imagen de acuerdo a la escala establecida en cada micrografía y foto de la antena. Se midió la longitud y ancho basal de cada uno los sénsulos antenales en

ambos sexos. Para los datos de la medición de la antena se realizó un prueba de Students t -test a una probabilidad de $p < 0.05$, para comparar las mediciones de cada una de las estructuras mencionadas anteriormente entre sexos.

6.- RESULTADOS

6.1 Actividad sexual de *Leptoglossus zonatus*

La primera cópula de *L. zonatus* se observó a los 25 ± 8.20 días de edad (media \pm DE), con una duración de 2.65 ± 1.5 h (media \pm DE). Se registraron dos picos máximos de actividad sexual, el primero durante la escotofase a las 22: 00 h y el segundo en la fotofase a las 14:00 h (Figura 1).

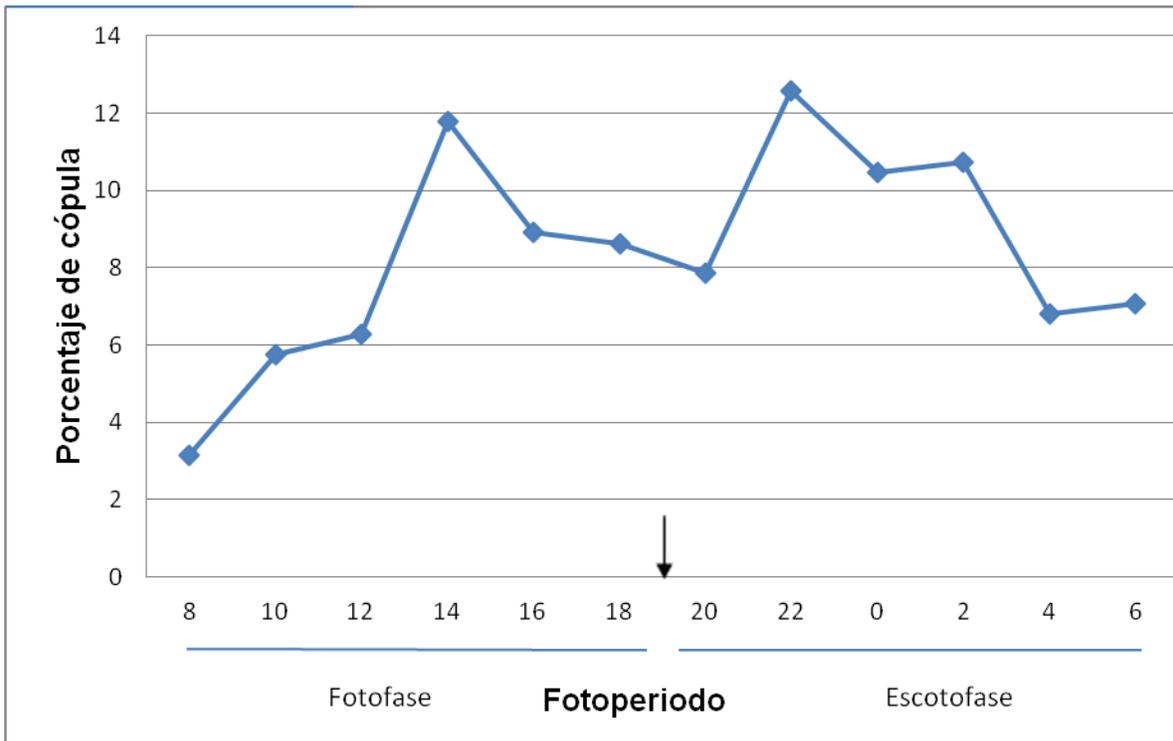


Figura 1. Porcentaje de cópula de *L. zonatus* en condiciones de laboratorio. La flecha indica la hora en que se apagaba la luz (19 h).

6.2 Descripción del comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus*

Se estableció la secuencia general de actividad sexual, la cual está formada por seis patrones de comportamiento: acicalamiento, movimiento del abdomen, movimiento de antenas, tocado de antenas por ambos sexos, monta y finalmente la cópula (Figura 2).

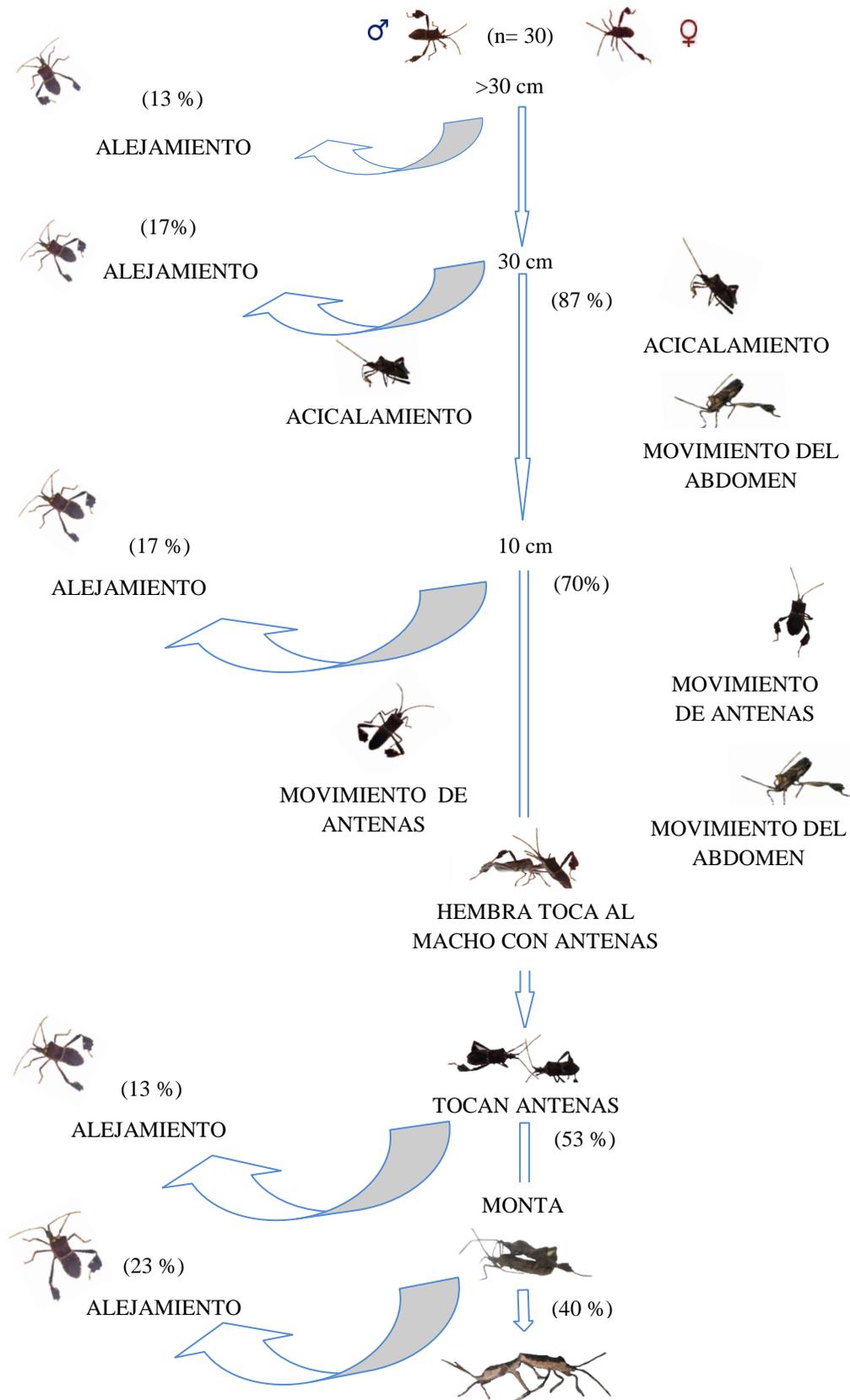


Figura 2. Etograma del comportamiento sexual de *L. zonatus* en condiciones de laboratorio. Como resultado de las interacciones de corto alcance, representan la frecuencia de cada patrón.

A distancias mayores a 30 cm, los individuos permanecieron inmóviles y el macho o la hembra presentaron desplazamientos dirigidos hacia el otro sexo sin establecer contacto físico, en respuesta a cambios posturales de éste. Cuando la distancia entre ellos fue menor a 30 cm cada individuo presentó comportamiento de acicalamiento y antenación, y sólo la hembra exhibió movimientos laterales del abdomen. En respuesta a éstos, el macho se aproximó y estableció contacto físico con ella, empleando las antenas. La hembra aumentó la frecuencia de movimientos laterales del abdomen y contactó las antenas del macho. Después de este contacto los machos (40%) montaron a la hembra orientándose en la misma dirección que ella; inmediatamente después de la monta el macho continuó con la antenación y movió su cuerpo 90° para quedar al lado de la hembra y colocó la parte ventral del noveno segmento abdominal en la abertura genital de la hembra. Como resultado de esta actividad del macho, ambos sexos quedaron orientados en la misma dirección y sus ejes corporales paralelos. Si la hembra era receptiva, permanecía inmóvil y realizaba antenación en el cuerpo del macho. Una vez acoplados los genitales, el macho se movió 180° de tal forma que durante la cópula el macho y la hembra permanecieron con el cuerpo en direcciones opuestas. De las 30 parejas observadas el 17% logró copular.

6.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de *Leptoglossus zonatus*

Las MTG se localizaron en la esquina anteroventral de la pleura metatorácica, entre las fosa coxal media y posterior (Figura 3A). La abertura al exterior de estas glándulas es muy amplia y permanentemente abierta, es decir no tiene una membrana protectora. El borde del orificio está rodeado por cutícula amarillenta, más clara que la placa torácica, que forma un peritrema (el borde de la apertura de la glándula) con un óvalo situado en la parte anterior

del orificio de la cutícula translúcida, fuertemente convexo y contorno en forma de gota con el vértice hacia atrás (Figura 3A).

El mismo peritrema forma los dos bordes o labios que flanquean al orificio, uno anterior y otro posterior; arriba de este último hay otro óvalo convexo. El borde de la desembocadura glandular (superficie evaporativa) es redondeado en la parte anterior pero alargado hacia la parte posterior donde se continua con un profundo canal que transcurre en una línea diagonal hacia abajo y atrás hasta llegar a la fosa coxal metatorácica (Figura 3B).

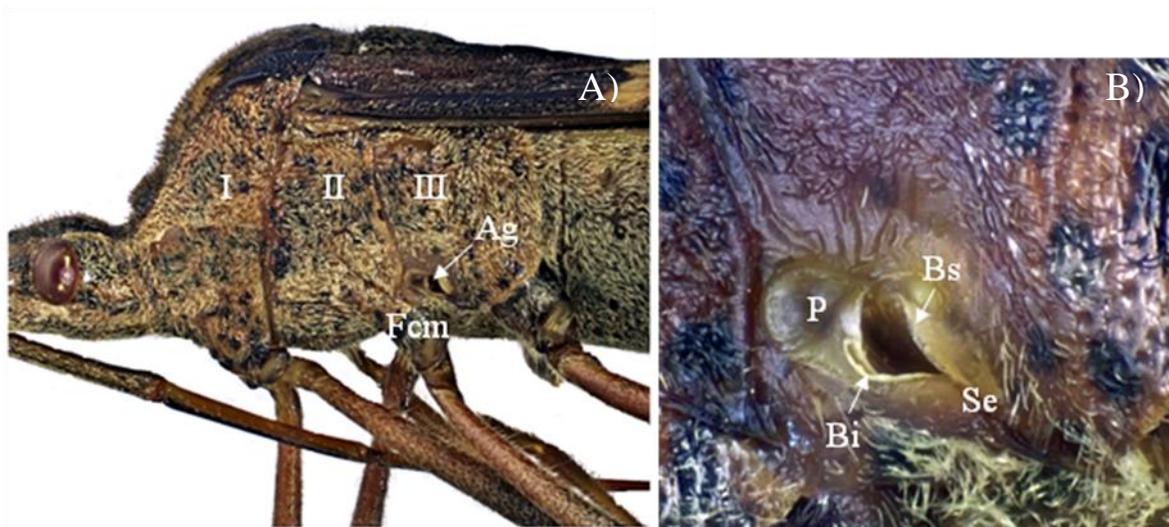


Figura 3. Morfología externa y localización de la glándula metatorácica en *L. zonatus*. A) Protórax (I), Mesotórax (II), Metatórax (III), Abertura de la glándula (Ag), B) Fosa coxal del metatórax (Fcm) Peritrema (P), Borde inferior (Bi), Borde superior (Bs) y Superficie evaporativa (Se).

La cavidad de esta desembocadura es un hueco cuticular que entra al interior del metatórax formando un conducto tubular aplanado dorsoventralmente y ornamentado en su interior por marcadas estrías longitudinales. A esta cámara cuticular se le da el nombre de vestíbulo y en su fondo se conecta con la desembocadura lateral del reservorio glandular. En estos

puntos están los extremos laterales de este reservorio, constituido por un gran saco de cutícula membranosa y translúcida que en insectos frescos tiene un color anaranjado intenso y se extiende hacia atrás sobre el esternón metatorácico y llega hasta el segundo esternón abdominal (Figura 4).

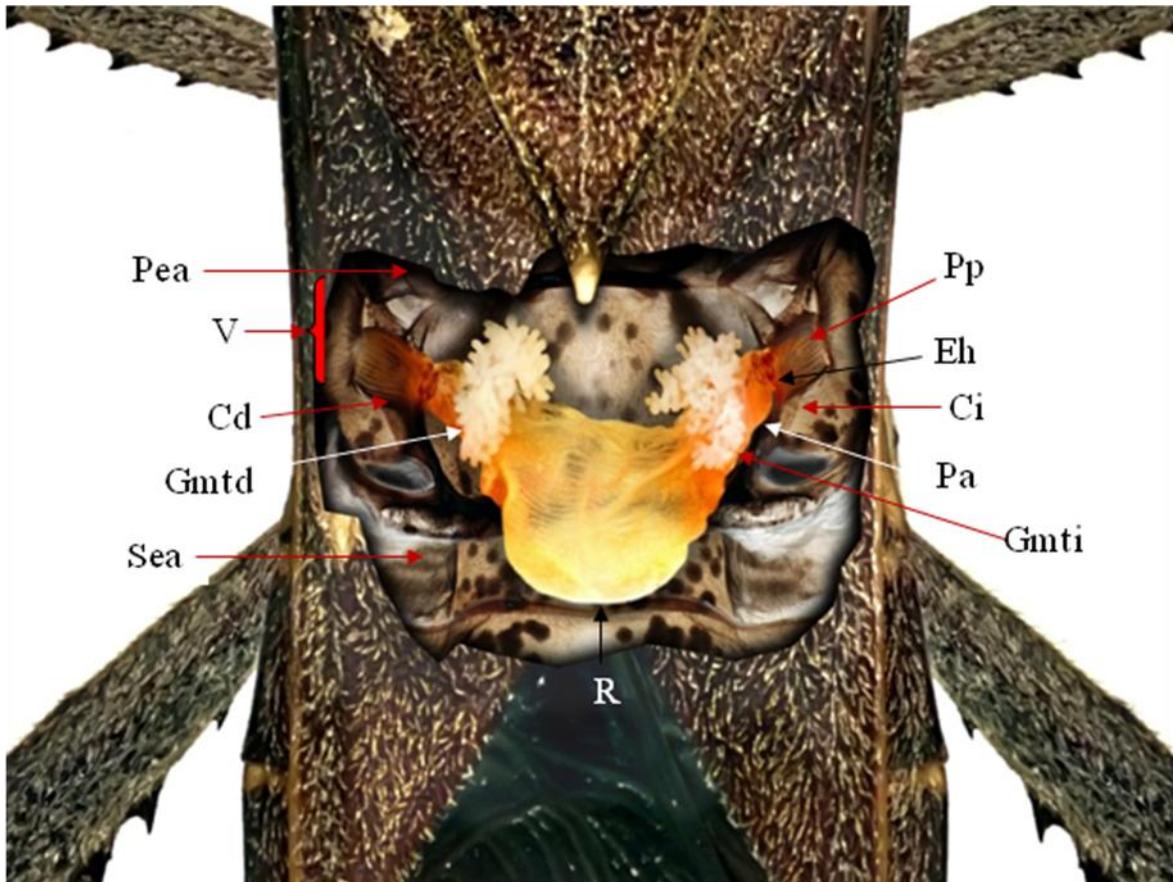


Figura 4. Morfología interna de la glándula metatorácica en *L. zonatus*. Primer esternón abdominal (Pea), Segundo esternón abdominal (Sea), Vestíbulo (V), Conducto derecho (Cd), Conducto izquierdo (Ci), Pliegue posterior (Pp), Pliegue anterior (Pa), Esclerito hemisférico (Eh), Glándula metatorácica derecha (Gmtd), Glándula metatorácica izquierda (Gmti) y Reservorio (R).

La membrana del reservorio esta surcada en su totalidad por pliegues transversales distribuidos de manera regular en todo el órgano. En los bordes anteriores de los brazos laterales del reservorio desembocan, mediante un tubo estrecho de cutícula oscura, las glándulas metatorácicas que almacenan sus secreciones en el mencionado reservorio. Las glándulas son cúmulos de tubos o columnas celulares entrelazados y en ocasiones bifurcados, que se alojan encima de las prolongaciones laterales del reservorio (Figura 4).

El vestíbulo se comunica con el reservorio mediante dos pliegues cuticulares opuestos y ensamblados que se pueden separar por acción muscular para permitir el flujo del líquido hacia afuera. En cada uno de estos pliegues del aparato ocluidor hay un esclerito hemisférico cuya parte plana se une a su contraparte del otro pliegue; uno de los escleritos está situado adelante del sistema y otro atrás (Figura 4).

La cutícula del pliegue posterior forma un brazo cónico que se prolonga hacia atrás y termina en un extremo redondeado y aplanado. Los dos pliegues (Figura 5A) se pueden separar, para abrir el conducto, por la acción de un músculo dilatador de origen pleural, alargado y fino, que describe una trayectoria curva desde el margen dorsal anterior de la pleura metatorácica y en su inserción tiene dos ramas; una de ellas, la más delgada, se implanta en el esclerito hemisférico posterior y el resto del músculo lo hace en el brazo cónico de este pliegue. El esclerito anterior se mueve hacia atrás jalado por un músculo ocluidor corto y curvo que se origina a los lados del esternón metatorácico (Figura 5B).

6.4 Caracterización morfológica de la antena y sésulos de *Leptoglossus zonatus*

Las antenas destacan como órganos alargados. Están formadas por tres cuerpos: escapo, pedicelo, y flagelo conformado por tres artejos. La posición relativa de estas partes es casi

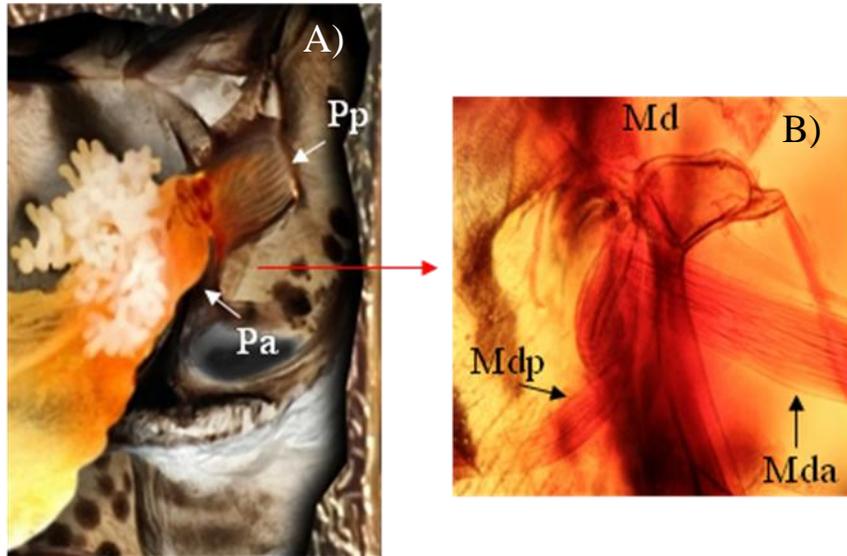


Figura 5. Glándula metatorácica de *L. zonatus*. A) Pliegue posterior (Pp) y Pliegue anterior (Pa). B) Músculo dilatador (Md), Músculo dilatador anterior (Mda) y Músculo dilatador posterior (Mdp).

recta en posición normal, pero puede formar un ángulo pronunciado en la articulación del escapo con el pedicelo.

El escapo es el segmento que muestra una curvatura. Es ligeramente más largo en la hembra que en el macho, su diámetro menor está en la base donde se forma la articulación con la cápsula cefálica, y su máxima anchura está en la mitad del segmento. El pedicelo es el segmento más largo en la hembra. Es un tubo recto que mantiene su diámetro sin variación en casi toda su longitud, excepto en el extremo distal donde se hace un poco más ancho, junto a la articulación del flagelo. El flagelo está compuesto por tres artejos o flagelómeros, el primero es casi recto, ligeramente más ancho en su extremo distal y tiene en su parte basal un área de cutícula libre de setas y surcada por estrías longitudinales. El segundo artejo es el cuerpo más pequeño de la antena, presenta órganos sensoriales, tiene una superficie con ornamentaciones finas irregulares y su borde distal forma una escotadura

en el lado ventral para permitir el movimiento del tercer flagelómero en esa dirección. El tercer artejo del flagelo es el principal portador de órganos sensoriales, tiene una curvatura apenas perceptible y un diámetro uniforme ligeramente más estrecho en la base y su extremo distal es redondeado.

No obstante no se encontraron diferencias con respecto al tamaño de las antenas de machos y hembras de *L. zonatus* (Cuadro 1). Para la longitud total de la antena de no se observaron diferencias ($t = 0.074$; $df=18$; $P = 0.942$), de igual manera en el ancho de la antena ($t = 0.19$; $df=18$; $P = 0.851$), ancho del flagelo ($t = -1.41$; $df=18$; $P = 0.175$) y largo del flagelo ($t = 1.05$; $df=18$; $P = 0.306$). Sin embargo la única diferencia encontrada fue en el tamaño del cuerpo la hembra que es más largo que el macho ($t = -2.65$; $df=18$; $P = 0.016$).

Cuadro 1. Longitud del cuerpo y de las antenas de *L. zonatus*.

Medidas (mm)	Macho (media±EE)	Hembra (media±EE)
Longitud total del cuerpo	15.51 ± 0.27	16.88 ± 0.44*
Longitud total de la antena	12.35 ± 0.20	12.33 ± 0.26
Ancho de la antena	0.23 ± 0.01	0.23 ± 0.011
Ancho del flagelo	0.31 ± 0.01	0.33 ± 0.01
Largo del flagelo	9.83 ± 0.16	10.07 ± 0.16

Valores presentados son media ± Error Estándar; n=10, Students *t*-test; * $p < 0.05$

6.4.1 Descripción morfológica de los sénsulos de *Leptoglossus zonatus*

Las observaciones realizadas al microscopio electrónico de barrido revelaron la presencia de cinco tipos de sénsulos: tricoideos, basicónicos, celocónicos, campaniforme, placoideos y microtrichias, las cuales son ornamentaciones cuticulares. Con base en el tamaño y

presencia de estrías se identificaron cinco subtipos de sénsulos tricoideos: tricoideos estriados grandes, tricoideos aplanados, tricoideos estriados pequeños, tricoideos lisos y tricoideos pequeños lisos, y cinco subtipos de basicónicos clasificados de acuerdo a su tamaño y forma (basicónicos 1, 2, 3, 4 y 5).

Sénsulos tricoideos. Los sénsulos tricoideos estriados grandes fueron los órganos sensoriales que más destacan en la superficie de la antena, son mecanorreceptores. Se trata de setas casi rectas de cutícula estriada longitudinalmente. Son los únicos sénsulos de cutícula oscura, de manera que por su color destacan entre los demás. Están articulados en cavidades redondas y presentes en todos los cuerpos de la antena, excepto el segundo flagelómero. Las setas mecanorreceptoras son más anchas hacia la base de la antena y cada vez más delgadas hacia el extremo distal. Tienen en promedio 111 μm de longitud y 13 μm en su base; los más grandes miden 181 μm y los más pequeños 64 μm . Las estrías longitudinales no coinciden con el eje del pelo; están inclinadas y las de un lado convergen en sus extremos con las del otro (Figura 6A). Los sénsulos tricoideos aplanados se distribuyen desde la base del escapo, donde son más abundantes, hasta el extremo distal del primer flagelómero, donde su número es menor. Son setas de tamaño muy variable, desde 48 μm hasta 89 μm de longitud. Son pelos curvos que se distinguen porque su sección transversal, redonda en la base, se aplana gradualmente hacia el ápice. Su anchura aumenta hacia arriba, hasta alcanzar su máximo cerca del extremo, donde disminuye para terminar en una punta aguda, con frecuencia en forma de gancho. La articulación de la seta no se encuentra en un cráter, sino en una ligera elevación (Figura 6A). Los sénsulos tricoideos estriados pequeños, son muy parecidos en su forma a los tricoideos grandes, pero muy diferentes en sus dimensiones. Estos sénsulos miden 57 μm de longitud por 6 μm de diámetro en su base y se encuentran principalmente en los artejos distales de la antena,

intercalados entre los quimiorreceptores. Por ser tan cortos, dan la apariencia de setas robustas, con las estrías longitudinales ligeramente inclinadas. En su base la articulación está bien marcada, la cual se encuentra en una depresión mucho menos marcada que la de las setas grandes. Otra diferencia con los tricoideos estriados grandes es que su punta es redondeada (Figura 6B). Los sénsulos tricoideos lisos, estos clasificados como mecanorreceptores por tener una base articulada, se han etiquetado como lisos porque su superficie no está surcada por estrías. Tienen una longitud de 64 μm en promedio y en todos los casos presentan una curvatura amplia. La base es de 4 μm . Las setas lisas son el tipo de sénsulos menos abundante de la antena. Se observaron en el escapo, principalmente en su extremo distal y en toda la longitud del pedicelo (Figura 6C). Los sénsulos tricoideos lisos pequeños o propioceptores informan al insecto de movimientos del pedicelo respecto del escapo (el nombre de estos órganos está dado por su función), ya que se encuentran situados justo en esta articulación, con su base en el borde más proximal del pedicelo, de manera que cuando éste se mueve la punta del sénsulo choca con el margen distal del escapo. Son sénsulos mecanorreceptores rectos, cónicos, muy cortos y robustos (28 μm de longitud por 5 μm de diámetro en la base). Su articulación se encuentra en protuberancias redondas y pronunciadas (Figura 6C).

Sénsulos basicónicos. Los sénsulos basicónicos de tipo 1, son sénsulos en forma de bastón, cuya función en otros insectos es la quimiorrecepción. Se identificaron varios tipos de ellos. Los basicónicos de tipo 1 son los más grandes (68 μm de longitud por 5 μm en la base, en promedio). Su base se une directamente a la cutícula lisa del último artejo del flagelo. Son sénsulos siempre curvos y la disminución de su grosor desde la base hasta la punta redondeada no es muy abrupta (Figura 7E). Sénsulos basicónicos de tipo 2, estos

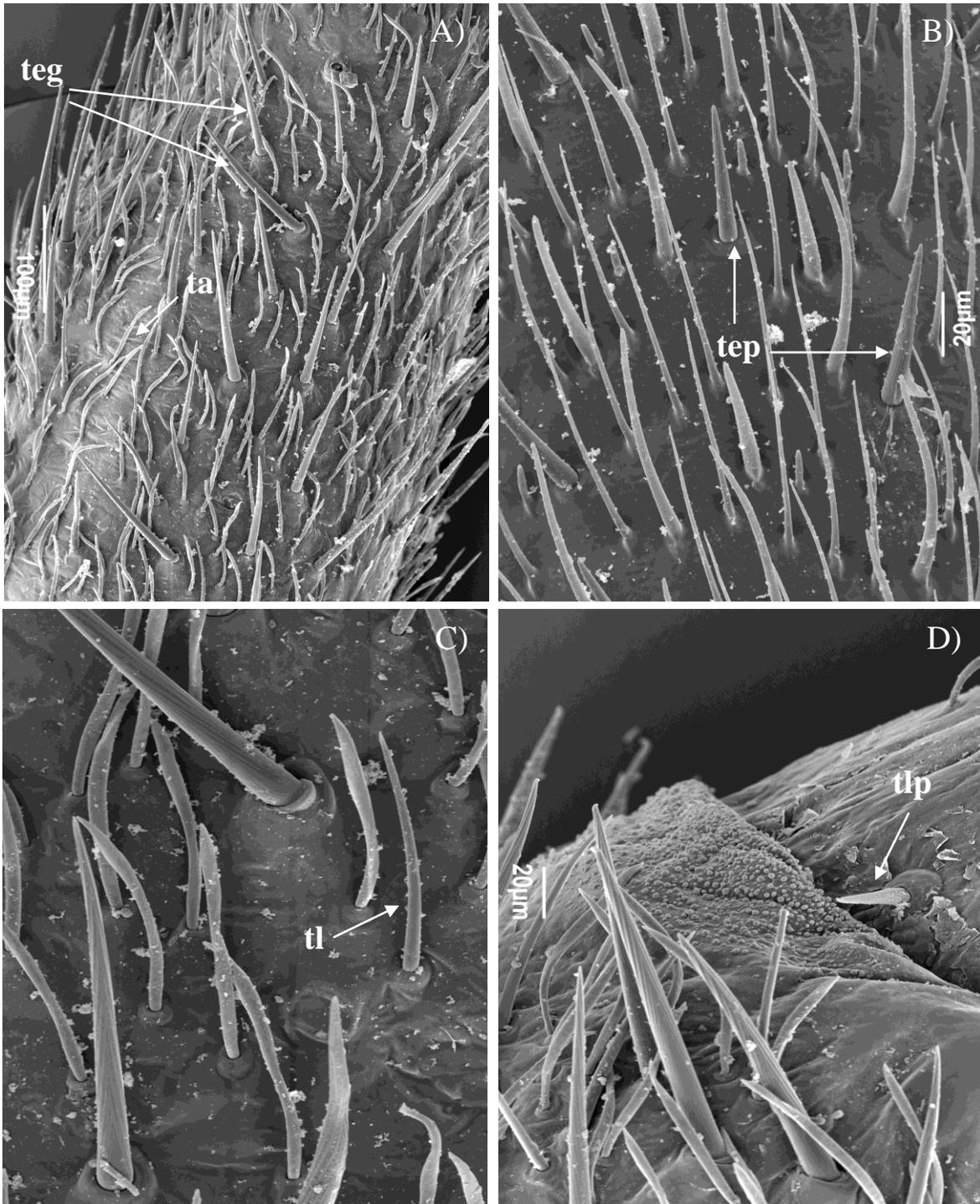


Figura 6. Micrografías del microscopio electrónico de transmisión de la antena de *L. zonatus* en donde se observan diferentes tipos de sésulos. A) tricoideo estriado grande (teg), tricoideos aplanados (ta), B) tricoideo estriado pequeño (tep), C) tricoideo liso (tl) y D) tricoideo liso pequeño (tlp).

bastoncillos son parecidos a los basicónicos tipo 1 pero son mucho más pequeños; en promedio miden 43 μm de longitud y 5 μm en la base. Algunos de ellos son casi rectos, pero la mayoría tienen una curvatura muy ligera. Su superficie muestra cierta rugosidad.

Se encuentran siempre acompañados por los microtrichia en el artejo distal del flagelo. Su distribución es uniforme, casi equidistantes (Figura 7E). Sénsulos basicónicos de tipo 3, estos bastoncillos quimiorreceptores son notoriamente más pequeños que los otros basicónicos ya descritos; miden sólo 12 μm de longitud. Se caracterizan porque tienen 20 estrías longitudinales paralelas que recorren al órgano desde la base hasta el ápice. A diferencia de las estrías de las setas mecanorreceptoras ya descritas, en este caso las líneas sí coinciden con el eje longitudinal del sénsulo. El diámetro del bastón no cambia desde su base (3 μm) hasta la parte media, de manera que su mitad basal es cilíndrica; la otra mitad disminuye su grosor hasta terminar en un extremo redondo, en el cual convergen las estrías longitudinales. Son abundantes y se distribuyen en toda la superficie del flagelómero distal (Figura 7E). Los sénsulos basicónicos de tipo 4, estos son los bastones quimiorreceptores más pequeños de la antena. Son escasos en número y se observaron principalmente en la cara ventral del tercer artejo del flagelo. Tienen una estructura diferente a los otros basicónicos por la relación de la anchura de la base con la longitud del órgano; su diámetro se estrecha abruptamente desde su base (4 μm) para terminar en una punta redonda a sólo 7 μm de altura. Están surcados por una docena de estrías que convergen en el extremo distal del sénsulo. Entre las estrías, la cutícula no es plana, sino que forma crestas curvas. La base del órgano se encuentra en una depresión poco profunda pero marcada (Figura 7E). Sénsulos basicónicos de tipo 5 el quinto tipo de bastones quimiorreceptores, también presentes sólo en el flagelómero distal, son muy escasos. Se observaron muy pocos de ellos en la cara ventral del artejo. Son anchos en la base (6 μm) y tienen una curvatura muy

marcada. Se alojan en cavidades cuticulares redondas y amplias. Miden 23 μm de longitud (Figura 7F).

Sénsulos celocónicos. Son los típicos sénsulos del olfato situados en las antenas de los insectos. Son exclusivos del tercer artejo del flagelo, ubicados principalmente en su lado ventral, aunque también están en las otras áreas, acompañados por los basicónicos y las microtrichias. Se trata de cavidades cuticulares profundas, con una abertura redonda de 6 μm de diámetro. En el fondo de la cavidad celocónica se encuentra un bastón quimiorreceptor cuyo extremo sobresale un poco por la abertura del orificio (Figura 7G).

Sénsulos campaniformes. Solo se pudo observar uno de estos órganos por antena. Se trata de una cúpula redonda, de 5 μm de diámetro, situada en una concavidad cuticular. Esto se observó en el tercer artejo del flagelo. La forma de la estructura corresponde a la de una campana (Figura 7H).

Sénsulos placoideos. En la base del escapo, muy cerca de la articulación de la antena con la cabeza, se encuentra un grupo de diez órganos placoideos ovalados. Su placa es ligeramente convexa, con 7 μm en su eje menor y 10 μm en su eje mayor, el cual está alineado con el eje longitudinal del escapo. El borde está marcado por un canal bien marcado y cada órgano está rodeado por un borde amplio de cutícula elevada. La forma de estos órganos, y principalmente su ubicación, hacen suponer que se trata de mecanorreceptores que informan al insecto sobre movimientos de la antena completa, ya que estas placas son capaces de captar pequeñas deformaciones de la cutícula en la base del escapo (Figura 7I).

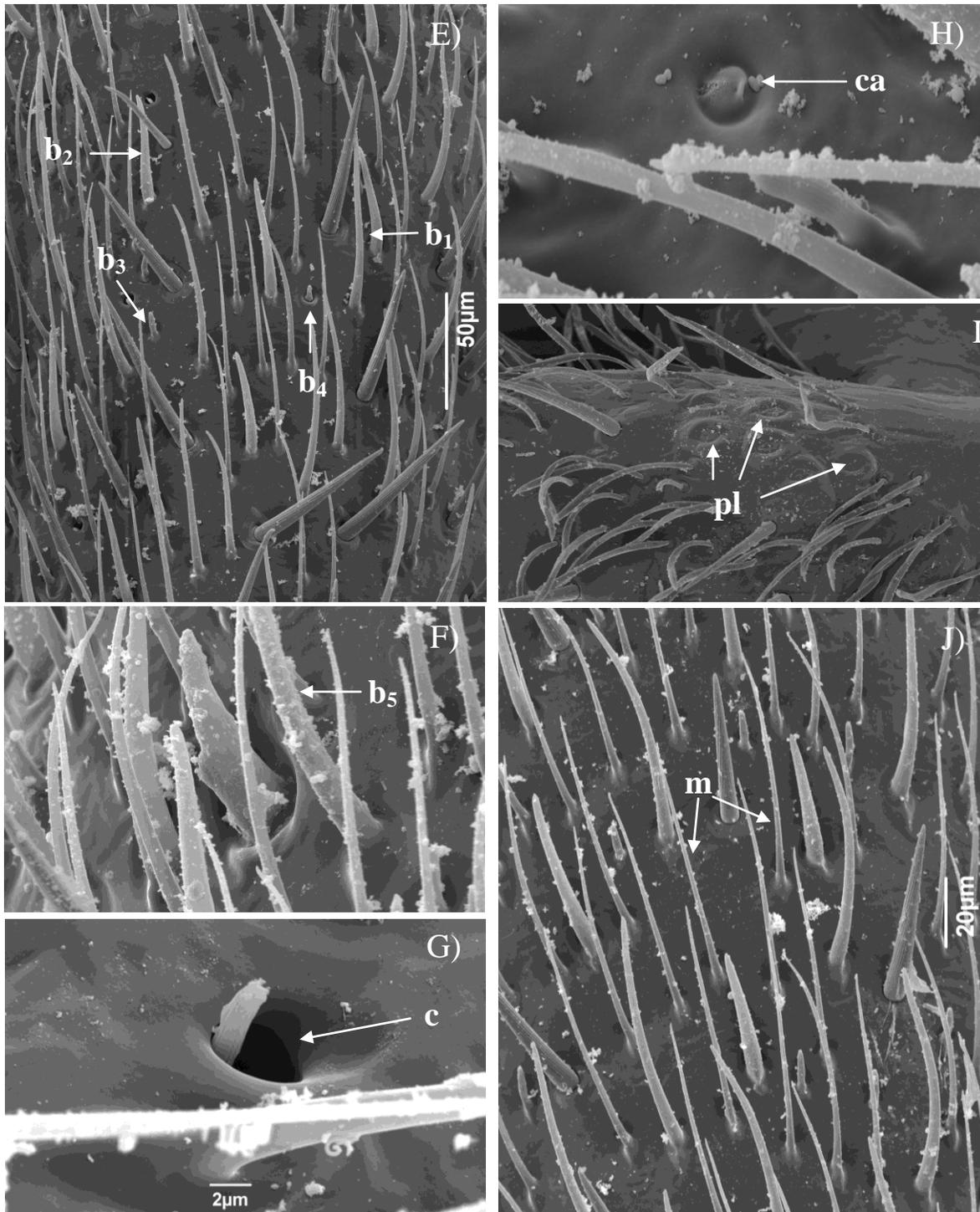


Figura 7. Tipos de sénsulos identificados en la antena de *L. zonatus*. E) Se observan cuatro tipos de sénsulos basicónicos (b_1 , b_2 , b_3 y b_4), F) sénsulo basicónico tipo 5 (b_5), G) sénsulo celocónico (c), H) sénsulo campaniforme (ca), I) sénsulos placoideos (pl) y J) microtrichias (m).

En las antenas de la mayoría de los insectos se encuentran finos pelos microscópicos, no articulados, formados por continuación directa de la cutícula antenal y sin neuronas sensoriales conectadas a ellos. No se trata entonces de órganos sensoriales, sino de ornamentaciones que protegen a los sénsulos (Figura 7J). En esta especie, las microtrichia son ligeramente curvos aunque algunos pueden ser casi rectos. Se encuentran exclusivamente en el tercer flagelómero; se distribuyen uniformemente en este artejo y miden en promedio 65 μm de longitud por 5 μm en su base.

7.- DISCUSIÓN

7.1 Actividad sexual de *Leptoglossus zonatus*

Las condiciones de laboratorio en las que se desarrolló *L. zonatus* fueron de 24.5 ± 2.8 °C y HR de 55.7 ± 19.2 %, alimentados con maíz. En dichas condiciones la edad de maduración sexual fue de 25 ± 8.20 días. Algunas especies de Heteroptera presentan periodos de maduración sexual muy similares como *Leptoglossus clypealis* (Heidemann) (Heteroptera: Coreidae) con un promedio de 17.63 ± 2.02 días, a una temperatura de 27 ± 1 °C y 60 ± 10 % de HR, alimentados con semillas de girasol (Wang y Millar, 2000). Otras especies de heterópteros criados a una temperatura mayor presentaron una maduración sexual más corta, como en *L. pabulinus* que es a los 4.5 días, a una temperatura de 25°C y HR de 65%, pero alimentados con hojas de papa en condiciones de laboratorio (Groot *et al.*, 1998), para *N. viridula* la edad de maduración sexual fue a los 7 días en con 25 ± 1 °C y 65 ± 5 % de HR alimentados con soja (Panizzi y Mourão, 1999) y para *Murgantia histrionica* (Hahn) (Heteroptera: Pentatomidae) la maduración sexual fue a los 7 días a un temperatura de 26 ± 1 °C y 65 ± 5 % HR, alimentados con brócoli (Zahn *et al.*, 2008). Se han hecho pocos trabajos relacionados con la maduración sexual en heterópteros; sin embargo, algunos autores han mencionado que la maduración sexual puede estar influenciada por diversos factores, entre ellos la temperatura y el tipo de dieta con que son alimentados los insectos (Panizzi y Mourão, 1999; Groot *et al.*, 1998).

En *L. zonatus*, se registraron múltiples apareamientos durante la fotofase, en otros heterópteros también el punto máximo de actividad sexual se alcanza en la fotofase (Hebbalkar y Sharma, 1988). En las especies como *Dysdercus koenigii* (Fabricius) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) y *M. histrionica* los apareamientos se observaron entre las 10:00 y las 14:00 h, en ambos casos (Zahn *et al.*, 2008) y en *Nysius huttoni* (White)

(Hemiptera: Lygaeidae) entre las 12:00 y 13: 00 h (Yang y Wang, 2004). Sin embargo, la mayor actividad de *L. zonatus* se registró durante la escotofase con un 55.47% de las parejas apareadas. Periodos y picos de apareamiento en la escotofase similares a los obtenidos en este trabajo, se observaron en *L. clypealis*, *Euschistus conspersus* (Uhler) (Hemiptera: Pentatomidae) y *N. viridula* (Krupe *et al.*, 2006; Wang y Millar, 2000; Panizzi y Mourão, 1999). Los patrones de apareamiento circadiano en diferentes especies de insectos, probablemente sirven para sincronizar los ciclos fisiológicos y comportamientos (oviposición y migración) con las condiciones presentes en el medio ambiente, tales como temperatura, humedad relativa y alimentación (Wang y Shi, 2004).

La duración de cópula para *L. zonatus* fue de 185 ± 65 min, resultados similares fueron observados en *N. huttoni*, cuya duración de cópula fue 151 ± 19 min (Wang y Shi, 2004). Mientras que en *L. clypealis* se presentó una mayor duración de cópula (265 ± 49 min) (Wang y Millar, 2000). El menor tiempo reportado es el de *Panstrongylus megistus* (Burmeister) (Heteroptera: Reduviidae) con 21 minutos ($25 \pm 2C^{\circ}$; 65% RH) (Rocha *et al.*, 2004). Se ha propuesto que la duración de la cópula está asociada con el éxito de la inseminación y fertilización. Una cópula “prolongada” puede indicar una transferencia de esperma exitosa que resulta en una alta fertilidad y fecundidad. Una cópula “corta” puede relacionarse con poca o nula transferencia de esperma, que resulta en poco o nula fertilidad (Wang y Shi, 2004; Micholitsch *et al.*, 2000; Rodríguez, 1998; Wang y Millar, 1997). En este estudio no se realizaron determinaciones de fertilidad y fecundidad, dichos estudios se deben de considerar en futuros trabajos para poder entender mejor el comportamiento sexual y los factores que pueden influenciar la selección de la pareja en este grupo de insectos.

7.2 Descripción del comportamiento sexual de *Leptoglossus zonatus*

El comportamiento sexual de *L. zonatus* empieza cuando uno de los dos sexos se aproxima con movimientos de las antenas. En algunas especies de heterópteros como *N. huttoni* el cortejo empieza con el movimiento de antenas por parte del macho (Yang y Wang, 2004). En el comportamiento de cortejo de *L. zonatus* se observó el movimiento de las antenas por parte del macho y la hembra, sin embargo en *L. clypealis* sólo se registró el movimiento de las antenas por parte del macho hacia la hembra (Wang y Millar, 2000). Esta característica de *L. zonatus* se han observado en otros heterópteros como *M. histrionica* y *L. pabulinus* (Zahn *et al.*, 2008; Groot *et al.*, 1998).

Un patrón de comportamiento sexual característico antes de la cópula, en el macho de *L. clypealis* fue hacer un estiramiento del octavo y noveno segmento abdominal, asociado con la liberación de atrayentes sexuales (Wang y Millar, 2000). En *L. zonatus* no se observó este comportamiento y sólo se apreció un reconocimiento con antenas por parte de ambos sexos antes de llegar a la cópula. El cortejo por antenación también se ha reportado en otros Heteroptera como *Euschistus conspersus* (Uhler) (Hemiptera: Pentatomidae), *N. viridula* y *Nesidiocoris caesar* (Ballard) (Heteroptera: Miridae) (McBrien y Millar, 2003; Borges *et al.*, 1987, Alcock, 1971). En *L. pabulinus*, además del reconocimiento por ambos sexos, en el macho se presenta una vibración del abdomen antes de llegar a la cópula (Groot *et al.*, 1998).

En *L. zonatus*, los dos sexos participaron de igual manera en el reconocimiento de parejas, a diferencia de lo que ocurre en otros heterópteros como *P. megistus*, donde el macho inicia el contacto e inmediatamente intenta la monta, realizando un movimiento lateral de tal manera que aproxima su aparato reproductor con la hembra permitiendo así la cópula (Rocha *et al.*, 2004).

Además se ha observado que la hembra puede ser receptiva o no en los intentos de cópula por parte del macho. Por lo que la hembra puede rechazar al macho durante el cortejo (Rocha *et al.*, 2004), como ocurre en algunas especies de la familia Reduviidae (Manrique y Lazzari, 1994). Algunas hembras de *L. zonatus* mostraron un comportamiento de rechazo al macho al momento de la monta, ya que realizaban movimientos laterales, empujaban al macho con sus patas traseras o simplemente se alejaban. Patrones de comportamiento similares fueron observados en la hembra de *N. huttoni* (Yang y Wang, 2004). Observaciones realizadas en otros heterópteros como *M. histrionica* han documentado que el rechazo en la cópula puede ser debido a la rotación incorrecta del pygophoro por parte del macho (Zahn *et al.*, 2008). Cuando la hembra de *L. zonatus* era receptiva, ésta permanecía inmóvil, un patrón similar se ha observado en algunas especies de la familia Cydnidae (Pluot-Sigwalt, 2008).

En el comportamiento sexual no fue observado un patrón que en una forma clara pueda ser asociado con la liberación de compuestos volátiles (atrayentes sexuales), como se ha reportado en *Bagrada hilaris* (Burmeister) (Hemiptera: Pentatomidae) y *L. clypealis* (Guarino *et al.*, 2008; Wang y Millar, 2000).

Se requiere realizar otro tipo de bioensayos para establecer si estos insectos liberan compuestos que actúen como atrayentes sexuales. Si es el caso, estos compuestos podrían formar parte de una estrategia de manejo para este insecto-plaga, como modificadores de su comportamiento. El conocer más sobre el comportamiento de *L. zonatus* abre la posibilidad de tomar decisiones en momentos críticos de su desarrollo. Conocer aspectos de la biología reproductiva de estos insectos puede ser el punto de partida para obtener diagnósticos más completos de los posibles problemas provocado por ellos.

7.3 Caracterización morfológica de la glándula metatorácica de *Leptoglossus zonatus*

Los Heteroptera poseen diferentes tipos de glándulas odoríferas, entre estas se encuentran las glándulas dorso abdominales y las glándulas metatorácicas de olor (Aldrich, 1988). En el presente trabajo no se detectó que la glándula metatorácica supuestamente de olor en *L. zonatus* cumpliera esta función, ya que no se realizaron los estudios correspondientes por lo cual se le define en este trabajo como glándula metatorácica.

La glándula descrita para *L. zonatus* se puede clasificar de tipo “omphalien”, como también sucede en *C. marginatus* (Durak y Kalender, 2007). En otras especies esta glándula es de tipo “diastomien” como en *E. maura* (Durak y Kalender, 2007) y *D. baccarum* (Durak, 2008).

En machos y hembras de *L. zonatus* la glándula se encuentra en una posición ventral en la parte posterior del metatórax (glándula metatorácica), como se ha reportado en el orden Heteroptera por Staddon (1979) y Hepburn (1971). Estas glándulas también se han reportado para *E. maura*, *C. Marginatus* (Durak y Kalender, 2007), *P. megistus* y *D. baccarum* (Durak, 2008); donde se describe una glándula productora de volátiles que se compone de un reservorio y un par de glándulas laterales conectada al depósito por un conducto y que se encuentra localizada entre el mesotórax y la metacoxa.

De acuerdo a Durak (2008), Durak y Kalender (2007) y Carayon (1971), en diferentes especies de Heteroptera existe una estructura asociada a las glándulas metatorácicas de olor llamada superficie evaporativa conocida como Peritrema, de igual manera en *L. zonatus* este tipo de estructura se encuentra localizada en la metacoxa, de modo que el producto de estas glándulas pueda ser liberado mediante los movimientos de la coxa, de una manera similar a como sucede en la familia Reduviidae y en *L. clypealis* (Weirauch, 2006; Wang y Millar, 2000). Además ésta superficie evaporativa está formada por estructuras en forma de

hongo que le permiten la retención de volátiles y la característica de estas estructuras (Peritrema) dependen de cada taxón (Durak y Kalender, 2007; Carayon 1971, Hepburn 1971). Por lo cual será interesante en estudios posteriores realizar comparaciones de esta estructura con otros heterópteros para ver si es posible utilizarla como un medio para separar especies.

El reservorio descrito en *L. zonatus* no está asociado con ningún otro músculo, como se reporta en la mayoría de los heterópteros de acuerdo a lo reportado por Staddon (1979) y el contenido de esta estructura es posiblemente excretada por la presión, al aumentar la hemolinfa en algunos músculos abdominales. Los extremos laterales del reservorio o túbulos secretores se caracterizan por estar articulados (Johansson, 1957), como se describe en *L. zonatus*.

En machos y hembras de *L. zonatus* no se encontraron diferencias morfológicas en las MTG entre sexos. En otras especies como *P. megistus* (Do Santos-Mallet y De Souza, 1990), tampoco se encontró dimorfismo en machos y hembras en las MTG.

En *E. maura* y *C. Marginatus* (Durak y Kalender, 2007), se encontró un dimorfismo sexual con respecto a las diferencias en el compuesto 14-Beta-H-Pregna, liberado por la hembra, por lo que se sugiere que este puede actuar como feromona sexual. Mientras que en *D. baccarum* (Durak, 2008) no se encontraron diferencias en las estructuras de las glándulas laterales, en el depósito de los compuestos y en las estructuras en forma de hongo del área evaporativa, pero si se encontró en la cantidad de compuestos liberados. Por lo que es importante realizar los estudios necesarios encaminados a la identificación de los volátiles emitidos por ambos sexos de *L. zonatus*, para comparar si existe una diferencia entre los compuestos emitidos por un sexo y otro.

En este estudio se han dado conocimientos acerca en las MTG de los adultos de *L. zonatus*, que hasta ahora eran desconocidas en esta especie. Como se ha mencionado, las MTG en el orden Heteroptera son de gran importancia en la secreción de sustancias químicas. Por lo que en este trabajo solo se realizó trabajos relacionados a la morfología, sin embargo, la funcionalidad de este órgano es poco claro, por lo que se requieren hacer futuros trabajos bioquímicos, histológicos y comportamentales para poder entender mejor la comunicación química en esta especie.

7.4 Caracterización morfológica de las antenas de *Leptoglossus zonatus*

Schneider, (1964) menciona que puede existir un dimorfismo sexual en las antenas, lo cual se puede observar en los diferentes órganos sensoriales. En el caso de *L. zonatus* en machos y hembras no se observó una diferencia en tamaño de las antenas, solo se encontró un dimorfismo sexual con respecto a su tamaño corporal, como se reportó para *E. maura* (Romani y Rossi, 2009). En *N. parvus* y *L. lineolaris* se reportó dimorfismo sexual en el tamaño de las antenas, las antenas del macho son más grandes que las de las hembras (Ventura y Panizzi, 2005; Chinta, 1997).

Las hembras de *L. zonatus* son más grandes que los machos, lo cual puede facilitar la búsqueda de alimento y sitios favorables a la oviposición (Prange y Pinshow, 1994). De acuerdo con la hipótesis de fecundidad; el mayor tamaño de la hembra podría estar dirigido a acumular energía para lograr mas oviposiciones (Higgins, 2002) y el macho solo estaría destinado a la fecundación de la hembra. Otra posible explicación de este dimorfismo, puede encontrarse en factores de selección sexual, ya que las hembras grandes presentan una mayor fecundidad, dominancia en enfrentamientos por recursos y existe una preferencia por los machos hacia este tipo de hembras (Arnqvist y Danielsson, 1999). Por

otro lado, los machos de tamaño pequeño presentan dominancia mediante enfrentamientos que requieren de una mayor maniobrabilidad en lugar de fuerza, para así tener una mayor disponibilidad de energía en la búsqueda de pareja y por lo tanto una preferencia por parte de hembras hacia este tipo de machos (Arnqvist y Danielsson, 1999).

En machos y hembras de *L. zonatus* se encontraron diferentes tipos de sénsulos. Los sénsulos mas abundantes fueron los tricoideos, los cuales están distribuidos en toda la antena siendo más abundantes en el escapo y fueron disminuyendo hacia el extremo apical de la antena, además no se observaron en el segundo flagelómero. En las especies de Pentatomidae como *E. heroes*, *Piezodorus guildinii* (Westwood), *Edessa meditabunda* (Fabricius), *Cyclopelta siccifolia* (Westwood) y *C. purpureus* al igual que en la familia Alydidae con *R. pedestris* y el Lygaeidae *E. sordidus* (Borges *et al.*, 2007; Gracco y Catalá, 2006) se determinó este sénsulo como el más abundante. Este tipo de sénsulos ha sido identificado en diferentes especies de Heteroptera como en *L. lineolaris* (Dickens *et al.*, 1995), donde se observaron tricoideos estriados y sin poros. Sin embargo, Chinta (1997) encontró en esta misma especie sénsulos tricoideos multiporosos con cutícula delgada, lo que sugiere una función olfatoria. En *N. parvus* (Westwood) la mayoría de estos sénsulos se localizaron en el último segmento de la antena (Ventura y Panizzi, 2005). En otras especies como *C. marginatus*, *C. lectularius* y *Rhodnius sp.* (Stal) (Heteroptera: Reduviidae), se observaron en todos los segmentos de la antena (Akent'eva, 2008).

También destacan los tricoideos lisos pequeños o también llamados propioceptores encontrados en *L. zonatus*, estos se localizaron entre el escapo y el pedicelo por lo que su función al parecer es informar los movimientos de la antena es decir puede ser un sénsulo mecanorreceptor, se considera al igual que otros como mecanorreceptores. Los propioceptores en muchos insectos proveen información sobre las condiciones internas del

cuerpo, están presentes en el tejido conectivo del cuerpo, entre los músculos, actúan como mecanorreceptores e indican el movimiento y la orientación de alguna parte del cuerpo (Nation, 2002).

La función de este tipo de sésulo es contradictoria ya que algunos autores como Zacharuk, (1980) lo describen como mecanorreceptor. Mientras que Ventura y Panizzi (2005) mencionan que su función es quimiorreceptora. Es probable que la función de estos sésulos esté relacionada con la especie de insecto en la cual se encuentra. En el caso de *L. zonatus* se tendrán que realizar los estudios correspondientes (*Single Cell Recording* = Registro a nivel celular del sésulo) para identificar la función de este tipo de sésulos.

Los sésulos basicónicos son característicos de muchas especies de Heteroptera como *N. parvus* (Ventura y Panizzi, 2005). En algunos otros Heteroptera son los sésulos más abundantes con apariencia corta y con una punta redonda, mientras que en *L. zonatus* se observaron con una apariencia generalmente parecida a bastones y una punta redonda, a veces articulados. En *C. marginatus*, *C. lectularius* y *E. maura* se observaron generalmente en los últimos segmentos del flagelo con múltiples poros, por lo que se consideran que participan en la percepción de estímulos olfativos y gustativos (Romani y Rossi, 2009; Akent'eva, 2008; Chinta *et al.*, 1997). En *L. zonatus* se identificaron diferentes tipos de sésulos basicónicos, principalmente en el flagelómero distal. A lo propuesto por Frazier (1985) y Zacharuk (1980), se considera que pueden tener una función quimiorreceptora en algunos casos su función es la detección de feromonas (Silva *et al.*, 2010) sin embargo habrá que confirmarlo con estudios correspondientes de ultraestructura y registro a nivel de sésulos mediante electroantenografía.

Al igual que *E. Maura* (Romani y Rossi, 2009), los sésulos celocónicos de *L. zonatus* se identificaron en el último flagelómero, por lo que se les puede considerar como olfativos,

también son característicos de otras especies de insectos con funciones diferentes. Por ejemplo, en *R. prolixus* (Stal) a estos sénsulos se les consideró como quimiorreceptores olfativos (Slu, 1980) mientras que en *Hyalesthes obsoletus* (Signoret) (Hemiptera, Cixiidae) se les atribuyó una función mecanorreceptora (Romani y Rossi, 2009). En otras especies de Heteroptera como *E. heroes*, *P. guildinii* (Silva *et al.*, 2010), *C. marginatus* y *C. lectularius*, también se han detectado en el segmento distal del flagelo (Akent'eva, 2008; Rani y Madhavendra, 2005). Frazier (1985) y Zacharuk (1980) mencionan que estos sénsulos pueden ser receptores olfativos o mecanorreceptores.

Los placoideos en *L. zonatus* se localizaron en la base del escapo, siempre agrupados, por lo que se sugiere que pueden tener una función mecanorreceptora; sin embargo se tiene poca información de este tipo de sénsulos en Heteroptera. En el caso de *Rhus gall* (Heteroptera: Pemphigidae) se identificaron en todos los segmentos del flagelo, de acuerdo a la clasificación de Frazier (1985) y Zacharuk (1980), este tipo de sénsulos son receptores olfativos. Cabe señalar que este tipo de sénsulos es característico de otros órdenes de insectos como en coleópteros, donde tienen una función quimiorreceptora en la detección de la feromona sexual (Leal y Mochizuki, 1993).

En *L. zonatus* solo se encontró un sénsulo campaniforme en el último flagelo, sin embargo en diferentes especies como *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Heteroptera: Psyllidae) y la familia Cercopidae, como *Auflidus trifasciatus* (Stal), *Euryaulax carnifex* (Fabricius), *Petyllis deprivata* (Walker) y *Tonnoiria tasmaniae* (Lallemand) este sénsulo se localizó principalmente en el escapo de la antena y de acuerdo a Frazier (1985) y Zacharuk (1980) puede ser de tipo mecanorreceptor. Además este sénsulo se reporta en otros órdenes de insectos y se consideran como mecanorreceptor, ya que detectan el movimiento del insecto, por lo que hace suponer que en *L. zonatus* pueda tener la misma función. En algunas otras

especies de insectos como los coleópteros, tienen una función termohidrorreceptora, es decir detectan los cambios de humedad y temperatura del ambiente (Merivee *et al.*, 2002; Ploomi *et al.*, 2003).

De los órganos sensoriales que tiene el insecto, las antenas son los más importantes para la percepción de señales, ya que se caracterizan por la mayor concentración de sénsulos, en comparación con otras partes de su cuerpo (Zacharuk, 1985). En diferentes insectos el dimorfismo sexual puede presentarse en las antenas, generalmente asociado con la presencia de diferentes tipos de sénsulos. Sin embargo en machos y hembras de *L. zonatus* no se apreció un dimorfismo sexual en los diferentes tipos de sénsulos encontrados, de acuerdo con Schneider (1964), este tipo de insecto pueden tener un comportamiento gregario de ahí el presentar el mismo tipo de sénsulos.

El estudio de los órganos sensoriales de *L. zonatus*, puede permitir una mayor comprensión del proceso de recepción sensorial. Sin embargo se deben hacer investigaciones electrofisiológicas y de ultraestructura, para poder caracterizar y clasificar estos sénsulos antenales en mecanorreceptores o quimiorreceptores y así poder tener un mejor conocimiento sobre su comportamiento sexual y comunicación química de este insecto.

8.- CONCLUSIONES

- *L. zonatus* presenta actividad sexual a partir de los 25 ± 8.2 días de edad.
- *L. zonatus* presenta actividad sexual tanto en la escotofase (22: 00 h) como en la fotofase (14:00 h); con un mayor porcentaje de cópulas durante la escotofase.
- En *L. zonatus* los machos y hembras participaron en el reconocimiento de pareja mediante antenación. La antenación, movimiento del abdomen y el contacto del macho, son patrones cuya presentación precede a la cópula.
- *L. zonatus* presenta una duración promedio de cópula de 185 ± 65 min.
- La glándula metatorácica es de tipo “omphalien” y presenta como característica principal un reservorio y dos conductos que desembocan hacia el exterior
- Los machos y hembras de *L. zonatus* presentan los mismos cinco tipos de sénsulos antenales (tricoideos, basicónicos, celocónicos, campaniforme y placoideos). No hay un dimorfismo sexual en cuanto a los tipos de sénsulos presentes.

9.- PERSPECTIVAS

En México se han hecho pocos trabajos relacionados con la comunicación química y el manejo por medio de feromonas en insectos del orden Heteroptera, a pesar de que es un grupo de importancia económica a nivel mundial y nacional, especialmente *L. zonatus*. El empleo de infoquímicos es una herramienta como alternativa de manejo de plagas insectiles, sin embargo la información que se tiene para su implementación es escasa.

El presente trabajo dio a conocer aspectos básicos de comportamiento sexual y de las estructuras que podrían estar relacionadas con la comunicación química de *L. zonatus*. Particularmente los sénsulos antenales y las glándulas metatorácicas (supuestamente de olor). Estos son los primeros estudios relacionados con este aspecto, deben realizarse más trabajos en esta área de investigación para consolidar en un futuro, una alternativa viable en campo a través de una feromona sexual o de agregación.

También es necesario resolver algunas cuestiones que impidieron realizar y conocer más acerca de la biología y ecología de este insecto, básicamente la liberación de volátiles. Falta por determinar cómo influyen algunos factores, por ejemplo el tamaño del insecto para la selección de la pareja. A pesar de la elaboración de un etograma sexual y su posible utilidad, se deben determinar otros aspectos importantes, por ejemplo la duración de cada patrón registrado, además realizar estudios sobre fertilidad y fecundidad ya que el éxito de su reproducción puede depender de estos factores. Para la descripción de los órganos sensoriales, será importante realizar estudios electrofisiológicos y de ultraestructura, para tener mayor información sobre los estímulos químicos y establecer si existe algún dimorfismo sexual en base a la estructura interna de los sénsulos y su percepción de los

diferentes volátiles para conocer mejor la comunicación química en esta especie. De igual manera se deben hacer mas estudios relacionados con la glándulas metatorácicas, (histológicos y bioquímicos) para determinar si existe en este nivel algún tipo de feromona que medie la comunicación intrespecífica de *L. zonatus*; y la posteriormente identificación de los compuestos que libera esta especie por medio de cromatografía de gases, además de realizar bioensayos comportamentales para complementar y entender mejor el comportamiento sexual y la comunicación química de este insecto.

10. – BIBLIOGRAFÍA

- Akent'eva, N. A. 2008. The formation of the antenna sensory apparatus in some bug (Heteroptera) species in the course of their postembryonic development. *Entomological Review* 88:381-390.
- Alcock, J. 1971. The behavior of a stinkbug, *Euschistus conspersus* Uhler (Hemiptera: Pentatomidae). *Psyche: A Journal of Entomology* 78: 215-228.
- Aldrich, J. R. 1996. Sex pheromones in Homoptera and Heteroptera. pp. 199–226. In: *Studies on Hemipteran Phylogeny*. Schaefer C.W. (ed), Thomas Say, Lanham Maryland 1046 p.
- Aldrich, J. R., J. E., Oliver., G. K., Waite., C. J., Moore, y R. M., Waters. 1996. Identification of the presumed pheromone blend from the Australasian predaceous bug, *Oechalia schellenbergii* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology* 22: 729-738.
- Aldrich, J. R., y T. M., Barros. 1995. Chemical attraction of male crab spiders (Araneae, Thomisidae) and kleptoparasitic flies (Diptera, Milichiidae and Chloropidae). *The Journal of Arachnology* 23: 212-214.
- Aldrich, J. R., G. K., Waite., C., Moore., J. A., Payne., W. R., Lusby, y J. P., Kochansky. 1993. Male-specific volatiles from Nearctic and Australasian true bugs (Heteroptera: Coreidae and Alydidae). *Journal of Chemical Ecology* 19: 2767-2781.
- Aldrich, J. R., S. P., Carroll., J. E., Oliver., W. R., Lusby., A. A., Rudmann, y R. M., Waters. 1990. Exocrine secretions of scentless plant bugs: *Jadera*, *Boisea* and *Niesthrea* species (Hemiptera: Heteroptera" Rhopalidae). *Biochemical Systematics and Ecology* 18: 369-376.
- Aldrich, J. R. 1988. Chemical ecology of the Heteroptera. *Annual Review of Entomology* 33: 211-38.

- Aldrich, J. R., M. S., Blum, y H. M., Fales. 1979. Species specific natural products of adult male leaf-footed bugs (Hemiptera: Heteroptera). *Journal of Chemical Ecology* 5: 53-62.
- Alfonso, J. A. 2008. Manual para el cultivo de Piñon (*Jatropha curcas*) en Honduras.
- Allen, 1969. Citado en: Leal, W. S., A. R. Panizzi, y C. C., Niva. 1994. Alarm pheromone system of leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera:Coreidae). *Journal of Chemical Ecology* 20: 1209-1216.
- Alpizar, D. M. 2002. Elementos para el manejo integrado de los picudos (Curculionidae) del palmito. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 65: 1-4. Hoja técnica No. 42.
- Alvarado, M., J. M. Duran., J. Fernández., A. Serrano, y A., De la Rosa, 1991. El uso de feromonas en el control de plagas del algodón en Andalucía. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 17: 235-247.
- Arnqvist, G., y I., Danielsson. 1999. Copulatory behavior, genital morphology, and male fertilization success in water striders. *Evolution* 53: 147-156.
- Bagwell, G. J., A., Čokl, y J. G., Millar. 2008. Characterization and comparison of substrate-borne vibrational signals of *Chlorochroa uhleri*, *Chlorochroa ligata*, and *Chlorochroa sayi* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 101: 235-246.
- Baker, T. C. 1989. Sex pheromone communication in the lepidoptera: New research progress. *Experientia* 45: 248-262.
- Baldwin, W. F., A. G., Knight, y K. R., Lynn. 1971. A sex pheromone in the insect *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae). *The Canadian Entomologist* 103: 18-22.

- Blatt, S. E., J. H., Borden., H. D., Pierce, R., Gries, y G., Gries. 1998. Alarm pheromone system of the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis*. Journal of Chemical Ecology 24: 1013-1031.
- Blatt, S. E., y J. H., Borden. 1996. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* H. (Hemiptera: Coreidae). The Canadian Entomologist 128: 777-778.
- Borges, M., J. G., Millar., R. A., Laumann, y M. C. B., Moraes. 2007. A male-produced sex pheromone from the neotropical redbanded stink bug, *Piezodorus guildinii* (W.). Journal of Chemical Ecology 33: 1235-1248.
- Borges, M., y J. R., Aldrich. 1994. Attractant pheromone for nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a neotropical relative. Journal of chemical Ecology 20: 1095-1101.
- Borges, M., P. C., Jepson, y P. E., Howse. 1987. Long-range mate location and close-range courtship behaviour of the green stink bug, *Nezara viridula* and its mediation by sex pheromones. Entomologia Experimentalis et Applicata 44: 205–212.
- Borror, J. D., C. A., Triplehorn, y N. F., Jonson. 1989. Order Hemiptera. pp:4: 284-310. In: J. D. Borror, C. A. Triplehorn, y N. F., Jonson (eds.), An introduction to the study of insects. 6a (ed). Saunders College Publishing. New York. 875 p.
- Brailovsky, H., y E., Barrera. 1998. A review of the Costa Rican species of *Leptoglossus* Guerin, with descriptions of two new species (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae: Coreinae: Anisoscelini). Proceedings of the California Academy of Sciences 50: 167-183.
- Carayon, J. 1971. Notes et documents sur l'appareil odorant métathoracique des Hémipteres. Annales De La Societe Entomologique 7: 737-770.

- Carbajal de la Fuente, A. L., y S., Catalá. 2002. Relationship between Antennal Sensilla Pattern and Habitat in Six Species of Triatominae. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro 97: 1121-1125.
- Carde, R. T., y A. K., Minks. 1995. Control of Moth Pests by Mating Disruption: Successes and Constraints. Annual Review of Entomology 40: 559-585.
- Chapman, R. F. 1998. The insects. Structure and Function. 4 ad. (ed). Cambrige University Press. Cambridge, UK. pp: 636-645.
- Chinta, S., J. C., Dickens, y G. T., Baker. 1997. Morphology and distribution of antennal sensilla of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera: Miridae). International Journal of Insect Morphology and Embryology 26: 21-26.
- Demirel, N. 2007. Infochemical pattern for true bugs. Journal of Entomology 4: 267-274.
- Dicke, M., y M. W., Sabelis. 1988. Infochemical terminology: Based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds? Functional Ecology 2: 131-139.
- Dickens, J. C., F. E., Callahan., W. P., Werging, y E. F., Erbe. 1995. Olfaction in a hemimetabolous insect: Antennal-specific protein in adult *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae). Journal of Insect Physiology 41: 857-867.
- Durak, D. 2008. Morphology and chemical composition of metathoracic scent glands in *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae). Acta Zoologica 89: 193-199.
- Durak, D., y Y., Kalender. 2007. Morphology and chemical analysis of the metathoracic scent glands of *Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Coreidae) from Turkey. Entomological News 118: 227-234.

- Eberhard, W. G. 1994. Evidence for widespread courtship during copulation in 131 species of insects and spiders, and implications for cryptic female choice. *Evolution* 48: 711–733.
- Fadamiro, H. Y., Y. F., Xiao., T. Hargroder., M. Nesbitt., V. Umeh, y V., Childers. 2008. Seasonal occurrence of key arthropod pests and associated natural enemies in Alabama satsuma citrus. *Environmental Entomology* 37: 555–567.
- Fauvel, G. 1999. Diversity of Heteroptera in agroecosystems: role of sustainability and bioindication . *Agriculture, Ecosystem and Environmental* 74: 275-303.
- Fauvergue, X., K. R., Hopper, y M. F., Antolin. 1995. Mate finding via a trail sex pheromone by a parasitoid wasp. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92: 900-904.
- Frazier, J. L. 1985. Nervous system: Sensory system. pp. 287-356. In: M.S., Blum (ed), *Fundamentals of Insects Physiology*. Jhon Widely and Sons, New York. 585 p.
- Gillott, C. 1995. Nervous and Chemical Integration. pp: 13: 391-414. In: Gillott, C (ed.), *Entomology*. 2ad. (ed). Plenum Press, New York and London. 755 p.
- Gracco, M., y S., Catalá. 2000. Inter-specific and developmental difference on the array of antennal chemoreceptors in four species of triatominae (Hemiptera: Reduviidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 95: 67-74.
- Grimm, C., y F., Guharay. 1998. Control of leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* and shield-backed bug *Pachycoris klugii* with entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology* 8: 365-376.
- Grimm, C., y E., Fuhrer. 1998. Population dynamics of true bugs (Heteroptera) in physic nut (*Jatropha curcas*) plantations in Nicaragua. *Journal of Applied Entomology* 122: 515-521.

- Groot, A. T., E., Van der Wal., A., Schuurman., J. H., Visser., L. H. M., Blommers, y T. A., Van Beek. 1998. Copulation behaviour of *Lygocoris pabulinus* under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88: 219–228.
- Guarino, S., C., De Pasquele., E., Peri., G. Alonzo, y S., Colazza. 2008. Role of volatile and contact pheromones in the mating behavior of *Bagrada hilaris* (Heteroptera: Pentatomidae). *European Journal of Entomology* 105: 613–617.
- Guerenstein, P. G., y P. M., Guerin. 2001. Olfactory and behavioural responses of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* to odours of vertebrate hosts. *The Journal of Experimental Biology* 204: 585-97.
- Hebbalkar, D. S., y R. N., Sharm. 1988. Photoperiod linked patterns of daily mating behaviour in the bug *Dysdercus koenigii* F. (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Current Science* 57: 472-474.
- Heckman, C. W. 2011. Hemiptera. p: 6: 11. In: Heckman, C. W. (ed), *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Hemiptera - Heteroptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America*. Springer, London New York. 679 p.
- Henne, D. C., S. J., Johnson, y W. J., Bourgeois. 2003. Pest status of leaf-footed bugs (Hemiptera: Coreidae) on citrus in Louisiana. *Proceedings of the Annual Meeting of the Florida State Horticulture Society* 116: 240–241.
- Hepburn, H. R., y T. R., Yonke. 1971. The Metathoracic Scent Glands of Coreid Heteroptera. *Journal of the Kansas Entomological Society* 44: 187-210.
- Higgins, L. 2002. Female gigantism in a New Guinea population of the spider *Nephila maculate*. *Oikos* 99: 377-385.

- Ho, H. Y., y J. G., Millar. 2001. Compounds in metathoracic glands of adults and dorsal abdominal glands of nymphs of the stink bugs, *Chlorochroa uhleri*, *C. sayi*, and *C. ligata* (Hemiptera: Pentatomidae). *Zoological Studies* 40: 193-198.
- Humason, G. L. 1967. *Animal Tissue Techniques*. 2a (ed). W.H. Freeman y Co. San Francisco, CA, USA. 569 p.
- Johansson, A. S. 1957. The functional anatomy of the metathoracic scent glands of the milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) (Heteroptera: Lygaeidae). *Norsk Entomologisk Tidsskrift* 10: 95-109.
- Keil, T. A. 1999. Morphology and development of the peripheral olfactory organs. pp: 1: 6-42 In: Hansson, B. S. (ed), *Insect Olfaction*. Springer, Berlin-Heidelberg, Germany. pp: 457.
- Krupke, C. H., V. P., Jones, y J. F., Brunner. 2006. Diel periodicity of *Euschistus conspersus* (Heteroptera: Pentatomidae) aggregation, mating and feeding. *Annals of the Entomological Society of America* 99: 169-174.
- Kubo, R. K., y A. F., Batista. 1992. Ocorrência e danos provocados por *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Hemiptera: Coreidae) em citros. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 21: 467-470.
- Landolt, P. J., y T. W., Phillips. 1997. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 42: 371-391.
- Leal, W. S., S., Kuwahara., X., Shi., H., Higuchi., C. E. B., Marino., M., Ono, y J., Meinwald. 1998. Male-released sex pheromone of the stink bug *Piezodorus hybneri*. *Journal of Chemical Ecology* 24: 1817-1829.

- Leal, W. S., A. R. Panizzi, y C. C., Niva. 1994. Alarm pheromone system of leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera: Coreidae). *Journal of Chemical Ecology* 20: 1209-1216.
- Leal, W. S., y F., Mochizuki. 1993. Sex pheromone reception in the scarab beetle *Anomala cuprea*. Enantiomeric discrimination by sensilla placodea. *Natur wissenschaften* 80: 278–281.
- Maes, J. M., y U. S., Goellner. 1993. Catalogo de los Coreidea (Heteroptera) de Nicaragua. *Review Nicaragua of Entomology* 25: 1-19.
- Manrique, G., y C. R., Lazzari. 1994. Sexual behavior and stridulations during mating in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 89: 629-633.
- Martinez, J. H., A. L. A., Martinez., H., Makkar, y G., Francis 2010. Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha Curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research* 39: 396-407.
- Matrangolo, W. J. R., y J. M., Waquil. 1994. Biología de *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Hemiptera: Coreidae) alimentados com milho e sorgo. *Anais da Sociedade de Entomológica do Brasil* 23: 419-423.
- McBrien, H. L., y J. G., Millar. 2003. Substrate-borne vibrational signals of the consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Canadian Entomologist* 135: 555-567.
- McBrien, H. L., y J. G., Millar. 1999. Pheromones of phytophagous true bugs. pp: 277-304. In: Minks A. K., J., Hardie (eds). *Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants*. CAB International Publishing, Wallingford UK. 480 p.
- McBrien, H. L., G. J. R., Judd, y J. H., Borden. 1996. Potential for pheromone based mating disruption of the mullein bug, *Campylomma verbasci* Meyer (Heteroptera: Miridae). *The Canadian Entomologist* 128: 1057-1064.

- Merivee, E., A., Ploomi., M., Rahi., J., Bresciani., H. P., A., Luik, y V., Sammelseg. 2002. Antennal sensilla of the ground beetle *Bembidion properans* Steph. (Coleoptera, Carabidae). *Micron* 33: 429-440.
- Micholitsch, T., P., Krugel, y G., Pass. 2000. Insemination and fertilization in the seed bug *Lygaeus simulans* (Heteroptera: Lygaeidae). *European Journal of Entomology* 97: 13-18.
- Miklas, N., M., Renou., I., Malosse, y C., Malosse. 2000. Repeatability of pheromone blend composition in individual males of the southern stink bug, *Nezara viridula*. *Journal of Chemical Ecology* 26: 2473–2485.
- Miklas, N., T., Lasnier, y M., Renou. 2003. Male bugs modulate pheromone emission in response to vibratory signals from conspecifics. *Journal of Chemical Ecology* 29: 561-574.
- Millar, J. G., H. L., McBrien., H. Y., Ho., Rice., R. E., Cullen., E. F. G., Zalom, y A., Üokl. 2002. Pentatomid bug pheromones in IPM: possible applications and limitations. Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production. 25: 241-250.
- Morales, C. J., E. A., Aguilar., R. R. M., Quiroga, y M. A. E., Rosales. 2011. Insectos asociados al fruto del piñón (*Jatropha curcas* L.) en los municipios de Villaflores y Villa Corzo, Chiapas, México. *Dugesiana* 18: 85-89.
- Nandagopal, V., A. Prakash, y J., Rao. 2008. Know the pheromones: Basics and its application. *Journal of Biopesticides* 1: 210-215.
- Nation, J. L. 2002. Sensory Systems. pp. 10: 267-29 In: Nation, J. L (ed). *Insect physiology and biochemistry*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp: 459 p.

- Panizzi, A. R., y A. P. M., Mourão. 1999. Mating ovipositional rhythm and fecundity of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) fed on privet, *Ligustrum lucidum* Thunb., and on soybean, *Glycine max* (L.) merrill fruits. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28: 35-40.
- Pillegi de Souza, E. C., y B. F., Do Amaral Filho. 1999. Comunicação científica nova planta hospedeira de *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Heteroptera: Coreidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28: 753-756.
- Ploomi, A., E., Merivee., M., Rahi., J., Bresciani., H. P., Ravn., A., Luik, y V., Sammelseg. 2003. Antennal sensilla in ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Agronomy Research* 1: 221-228.
- Pluot-Sigwalt, D. 2008. A pair of basi-abdominal sex pheromone glands in the male of some burrower bugs (Hemiptera: Heteroptera: Cydnidae). *Acta entomologica musei nationalis pragrae* 48: 511-522.
- Prange, H. D., y B., Pinshow. 1994. Thermoregulation of an unusual grasshopper in a desert environment: The importance of food source and body size. *Journal of Thermal Biology* 19: 75-78.
- Raga, A., C. T., Piza Jr., y M. F., Souza. 1995. Ocorrência e danos de *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Heteroptera: Coreidae) em romã, *Punica granatum* L., em Campinas, São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 24: 183-185.
- Randall, T. S., y J. A., Slater. 1995. A story of study of the Heteroptera. pp: 1: 6-20. In: Randall, T. S., y J. A., Slater. (eds), *True bugs of the world (Hemiptera-Heteroptera): classification and natural*. Cornell University Press (ed). Ithaca, New York. 336 p.

- Rani, P. U., y S. S., Madhavendra. 2005. External morphology of antennal and rostral sensillae in four hemipteran insects and their possible role in host plant selection. *International Journal of Tropical Insect Science* 25: 198-207.
- Rocha, H. H. P., M. G., Lorenzo., C. R., Lazzari., L., Diotaiuti, y G., Manrique. 2004. The sexual behaviour of *Panstrongylus megistus* (Hemiptera: Reduviidae): an experimental Study. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* , Rio de Janeiro 99: 295-300.
- Rodriguez, R. L. 1998. Possible female choice during copulation in *Ozophora baranowskii* (Heteroptera: Lygaeidae): female behavior, multiple copulations, and sperm transfer. *Journal of Insect Behavior* 11: 725-741.
- Romani, R., y M. V. S., Rossi. 2009. Mapping and ultrastructure of antennal chemosensilla of the wheat bug *Eurygaster Maura*. *Insect Science* 16: 193-203.
- Schaefer, C. W., y A. R., Panizzi 2000. Predacious plant bugs (Miridae). pp: 1: 657-693 In: Schaefer, C. W., y A. R., Panizzi. (eds). *Heteroptera of economic importance*. CRC Press; Boca Raton, Florida. 828 p.
- Schneider, D. 1964. Insect Antennae. *Annual Review of Entomology* 9: 103-122.
- Silva, C. C. A., G., De Capdeville., M. C. B., Moraes., R., Falcão., L. F., Solino., R. A., Laumann., J. P., Silva, y M., Borges. 2010. Morphology, distribution and abundance of antennal sensilla in three stink bug species (Hemiptera: Pentatomidae). *Micron* 41: 289-300.
- Sinitsina, E. E., y S. Y., Chaika. 1998. The Antenna sensory apparatus of terrestrial bugs (Heteroptera). *Zoolicheskii Zhurnal* 77: 1273–1284.
- Slu, C. 1980. Ultrastructure of the antennal sensillae of the bug, *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae). *Parazitologiya* 14: 92-486.

- Staddon, B. W. 1979. The scent glands of Heteroptera. pp: 14: 351-418 In: J. E., Treherne., M. J., Berridge and V. B., Wigglesworth (eds). *Advances in Insect Physiology*. Academic Press. New York. 308 p.
- Tellez, J. R., y J. M., Maes. 1991. El uso del policultivo maíz-frijol como elemento de lucha biológica contra *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). Influencia sobre las poblaciones de plagas de maíz y frijol. *Review Nicaragua of Entomology* 16: 9-20.
- Triplehorn, C. A., y N. F., Johnson. 2005. pp: 1: 70-74. Behavioral interactions between conspecifics. In: Borror and DeLong's.(ed). *Introduction to the Study of Insects*. 7 ad (ed) Saunders College Publishing. New York. 864 p.
- Usha, P. R., y S. M., Sakuntala. 2005. External morphology of antennal and rostral sensillae in four hemipteran insects and their possible role in host plant selection. *International Journal of Tropical Insect Science* 25: 198-207.
- Van den Assem, J., y F. A., Putters. 1980. Patterns of sounds produced by courting chalcidoid males and its biological significance. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 27: 293-302.
- Van den Assem, J., y F., Jachmann. 1982. The coevolution of receptivity signalling and body size in the Chalcidoidea. *Behaviour* 80: 96-105.
- Ventura, M. U., y A. R., Panizzi. 2005. Morphology of olfactory sensilla and its role in host plant recognition by *Neomegalotomus parvus* (Westwood) (Heteroptera: Alydidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal* 48: 589-597.
- Wang Q., y G. L., Shi. 2004. Mating frequency, duration, and circadian mating rhythm of New Zealand wheat bug *Nysius huttoni* White (Heteroptera: Lygaeidae). *New Zealand Entomologist* 27: 113-117.

- Wang Q., y J. G., Millar. 1997. Reproductive behavior of *Thyanta pallidovirens* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 90: 380-388.
- Wang, Q., y J. G., Millar. 2000. Mating behavior and evidence for male-produced sex pheromones in *Leptoglossus clypealis* (Heteroptera: Coreidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93: 972-976.
- Weirauch, C. 2006. Metathoracic glands and associated evaporatory structures in Reduvioidea (Heteroptera: Cimicomorpha), with observation on the mode of function of the metacoxal comb. *European Journal of Entomology* 103: 97–108
- Wilcox, D. B., D. D., McDavid, y D., Greer. 2002. UTHSCSA Image Tool for windows ver. 3.0. The University of Texas Health Science Center in San Antonio Texas.
- Xiao, Y. F., y H. Y., Fadamiro. 2010. Evaluation of damage to satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) by the leaf-footed bug, *Leptoglossus zonatus* (Hemiptera: Coreidae). *Journal of Applied Entomology* 134: 694-703.
- Yang, L., y Q., Wang. 2004. Precopulation sexual selection in *Nysius huttoni* White (Heteroptera: Lygaeidae) in relation to morphometric traits. *Journal of Insect Behavior* 17: 695-707.
- Yasuda, K. 1998. Function of the male pheromone of the leaf-footed plant bug, *Leptoglossus australis* (Fabricius) (Heteroptera: Coreidae) and its kairomonal effect. *Japan Agricultural Research Quarterly* 32: 161-165.
- Zacharuk, R. Y. 1985. Antennae and sensilla. pp: 1: 1-69. In: G. A., Kerkut, y L.Y., Gilbert (ed.). *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Pergamon Press, Oxford, U K. 711 p.
- Zacharuk, R. T. 1980. Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomology* 25: 27-47.

Zahn, D. K., R. B., Girling., J. S., Mcelfresh., R. T., Carde, y J. G., Millar. 2008. Biology and reproductive behavior of *Murgantia histrionic* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 10: 215-228.