



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

MAESTRÍA EN PROTECCIÓN VEGETAL

EVALUACIÓN DE FEROMONAS NATURALES Y  
COMERCIALES PARA EL TRAMPEO DEL PICUDO DEL  
NOPAL *Metamasius spinolae* (GYLLENHAL) (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) EN TLALNEPANTLA, MORELOS.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA  
MARIN HERNÁNDEZ LÓPEZ

Chapingo, México, Diciembre 2007.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

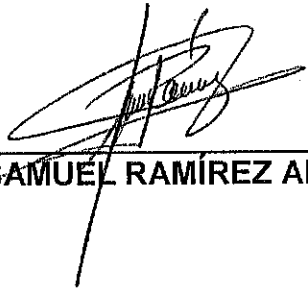


**EVALUACION DE FEROMONAS NATURALES Y COMERCIALES PARA EL  
TRAMPEO DEL PICUDO DEL NOPAL *Metamasius spinolae* (GYLLENHAL)  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN TLALNEPANTLA, MORELOS.**

Tesis realizada por **Marin Hernández López** bajo la dirección del Dr. Esteban Rodríguez Leyva y aprobada por el Comité Asesor indicado, y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

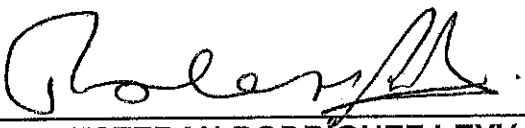
**DIRECTOR**

---

**DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN**

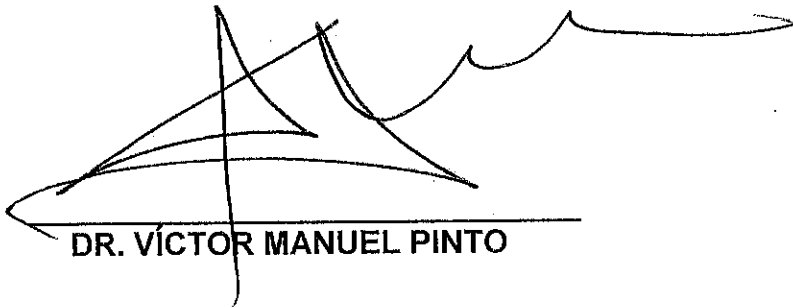
**CODIRECTOR**

---

**DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA**

**ASESOR**

---

**DR. VÍCTOR MANUEL PINTO**

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme brindado el apoyo económico para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

A todos los profesores que forman parte del Programa de Protección Vegetal quienes fueron parte importante para mi formación académica.

Al Dr. Esteban Rodríguez Leyva por su valiosa tutoría y apoyo que me brindo en la realización de este trabajo, pero sobre todo por la paciencia y amistad que me brindo.

Al Dr. J. Refugio Lomeli Flores, Dr. Samuel Ramírez Alarcón, Dr. Víctor Manuel Pinto, por sus atinadas sugerencias para la realización del trabajo.

A todos los miembros del GIIN (Grupo Interdisciplinario de Investigación del Nopal). Que me brindaron su apoyo y amistad.

Al COMUNOTLA (Consejo Municipal de Nopaleros de Tlalnepantla) por brindar las parcelas en donde se llevo a cabo los experimentos.

A todos mis amigos y compañeros de la Maestría en Protección Vegetal, por compartir tantas aventuras, compartir momentos de soledad y momentos difíciles.

## DEDICATORIA

A Dios por darme fuerza, valor y serenidad en los momentos más difíciles de mi vida y por permitir alcanzar una de mis metas. Gracias.

A mis padres Raúl Hernández López y Ludivina López Pérez que son los pilares mas importantes de mi vida ya que con sus sabios consejos han logrado hacer de mi una persona de bien y lograr cada uno de mis objetivos que me planteado en la vida, GRACIAS por darme la vida y momentos tan maravillosos, los quiero mucho.

A mis hermanos Huriel, Mireya y Lupita, los mejores consejeros y amigos que tengo en la vida, GRACIAS por estar siempre a mi lado en los momentos de felicidad y sobre todo en etapas difíciles de mi vida los quiero mucho.

A Lizbeth una persona muy especial para mí que me ha sabido entender en las buenas y en las malas, con la que he compartido momentos maravillosos, te amo nena.

A mis abuelos Alberto y Roselia por su cariño brindado y las enseñanzas que me han dado los quiero.

A toda mi familia que de una u otra forma me apoyaron y supieron darme sabios consejos para no decaer en el camino, GRACIAS.

Sinceramente y de todo corazón Marin

## DATOS BIOGRAFICOS

Mi Nombre es Marin Hernández López nací en la Ranchería el Calvario Municipio de Independencia, Chiapas, el 10 de Septiembre de 1983.

Mi formación académica la empecé en el mismo municipio (Primaria y Secundaria). Mis estudios de preparatoria y la universidad los lleve a cabo en la Universidad Autónoma Chapingo (1998 - 2005).

Durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo lleve a cabo el servicio social en "Asesoría técnica en el buen uso y manejo de plaguicidas" en mi lugar de origen. La estancia preprofesional la lleve a cabo en el Municipio de Tapanatepec, Oaxaca, en el Comité Estatal de Sanidad Vegetal en la Campaña de Moscas de la Fruta.

Los estudios de Posgrado los lleve a cabo en el Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH (2006-2007).

## CONTENIDO

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÍNDICE DE CUADROS .....                                                                              | i   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                                              | ii  |
| RESUMEN .....                                                                                        | iii |
| ABSTRACT .....                                                                                       | iv  |
| I. INTRODUCCION .....                                                                                | 1   |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                                                     | 4   |
| 2.1 Origen y distribución de <i>Opuntia</i> spp. ....                                                | 4   |
| 2.2 Usos .....                                                                                       | 4   |
| 2.3 Cultivo de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> L.) en México .....                               | 4   |
| 2.4 Producción de nopal verdura en México .....                                                      | 5   |
| 2.5 Plagas .....                                                                                     | 7   |
| 2.6 Picudo del nopal <i>Metamasius spinolae</i> (Gyllenhal) .....                                    | 8   |
| 2.6.1 Importancia y distribución .....                                                               | 8   |
| 2.6.2 Descripción .....                                                                              | 9   |
| 2.6.3 Ciclo de vida .....                                                                            | 9   |
| 2.6.4 Daños .....                                                                                    | 10  |
| 2.6.5 Manejo .....                                                                                   | 11  |
| 2.7 Ecología química de curculiónidos .....                                                          | 11  |
| 2.8 Factores que afectan la emisión y recepción de feromonas de<br>agregación en Curculionidae ..... | 13  |
| 2.8.1 Liberación de la feromona .....                                                                | 13  |
| 2.8.2 Ritmo cardíaco .....                                                                           | 13  |
| 2.8.3 Volátiles de plantas .....                                                                     | 14  |
| 2.8.4 Mecanismos de producción y regulación endócrina de feromonas ..                                | 14  |
| 2.8.5 Secuestro de los componentes del hospedero .....                                               | 15  |
| 2.8.6 Modificación de los componentes del hospedero .....                                            | 15  |
| 2.9 Estrategias de utilización de las feromonas en el campo .....                                    | 16  |
| 2.9.1 Monitoreo en la población de plagas .....                                                      | 16  |
| 2.9.2 Trampeo masivo .....                                                                           | 17  |
| 2.9.3 Interrupción del apareamiento .....                                                            | 17  |

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>III. METODOLOGÍA</b>                                                                                                | 18 |
| 3.1 Olfatómetro para evaluar feromonas naturales y comerciales                                                         | 18 |
| 3.2 Experimentos en campo con trampas tipo "pit-fall" para evaluar la<br>atracción de feromonas naturales (insectos)   | 21 |
| 3.3 Experimento en campo con trampas tipo "pit-fall" para evaluar la<br>atracción de feromonas naturales y comerciales | 23 |
| 3.4 Experimento en campo para evaluar las trampas "pit-fall" en dos<br>posiciones                                      | 24 |
| <b>IV. RESULTADOS</b>                                                                                                  | 25 |
| 4.1 Olfatómetro para evaluar feromonas naturales y comerciales                                                         | 25 |
| 4.2 Comparaciones entre tratamientos de feromonas naturales                                                            | 28 |
| 4.3 Experimentos en campo con trampas tipo "pit-fall" para evaluar la<br>atracción de feromonas naturales (insectos)   | 29 |
| 4.4 Experimento en campo con trampas tipo "pit-fall" para evaluar la<br>atracción de feromonas naturales y comerciales | 30 |
| 4.5 Experimento en campo para evaluar el diseño de trampas "pit-fall"<br>en dos posiciones                             | 31 |
| <b>V. DISCUSIÓN</b>                                                                                                    | 32 |
| 5.1 Olfatómetro para evaluar feromonas naturales y comerciales                                                         | 32 |
| 5.2 Comparación entre tratamientos de feromonas naturales                                                              | 34 |
| 5.3 Experimentos en campo con trampas "pit-fall" para evaluar la atracción<br>de feromonas naturales (insectos)        | 35 |
| 5.4 Experimento en campo con trampas tipo "pit-fall" para evaluar la<br>atracción de feromonas naturales y comerciales | 37 |
| 5.5 Experimento en campo para evaluar el diseño de trampas "pit-fall"<br>en dos posiciones                             | 38 |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b>                                                                                                | 40 |
| <b>VII. LITERATURA CITADA</b>                                                                                          | 41 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Cuadro 1.</b> Superficie y producción promedio de nopal verdura por entidad federativa en México, 2005 -----                                                                                         | <b>6</b>  |
| <b>Cuadro 2.</b> Principales plagas del nopal en México -----                                                                                                                                           | <b>7</b>  |
| <b>Cuadro 3.</b> Número total de <i>Metamasius spinolae</i> atraídos a feromonas naturales y comerciales (media $\pm$ desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N) -----                    | <b>26</b> |
| <b>Cuadro 4.</b> Atracción de hembras de <i>Metamasius spinolae</i> a feromonas naturales y comerciales (media $\pm$ desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N) -----                     | <b>27</b> |
| <b>Cuadro 5.</b> Atracción de machos de <i>Metamasius spinolae</i> a feromonas naturales y comerciales (media $\pm$ desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N) -----                      | <b>28</b> |
| <b>Cuadro 6.</b> Atracción de adultos de <i>Metamasius spinolae</i> a feromonas naturales y comerciales (Media $\pm$ desviación estándar) en trampas tipo "pit-fall", en cinco semanas de trampeo ----- | <b>31</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1.</b> Olfatómetro de doble vía para evaluar atracción de feromonas naturales y comerciales para el picudo del nopal -----                                                                                                                                                 | <b>19</b> |
| <b>Figura 2.</b> Trampa tipo “pit-fall” con capacidad de 15 L y recipiente en donde se colocaron los insectos utilizados como fuente de atracción -----                                                                                                                              | <b>22</b> |
| <b>Figura 3.</b> Trampa tipo “pit-fall” enterrada en el suelo dejando los orificios de entrada de los insectos a ras de suelo -----                                                                                                                                                  | <b>22</b> |
| <b>Figura 4.</b> Trampa tipo “pit-fall” en dos posiciones en campo. a) Sin enterrar, b) Enterrada -----                                                                                                                                                                              | <b>24</b> |
| <b>Figura 5.</b> Número de adultos de <i>Metamasius spinolae</i> capturados en trampas tipo “pit-fall” por semana en el lote abandonado. Tlalnepantla, Morelos. Machos (M), hembras (H). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ) ----- | <b>29</b> |
| <b>Figura 6.</b> Número de adultos <i>Metamasius spinolae</i> capturados en trampas tipo “pit-fall” por semana en el lote comercial. Tlalnepantla, Morelos. Machos (M), hembras (H). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ) -----     | <b>30</b> |
| <b>Figura 7.</b> Número total de picudos capturados en trampas tipo “pit-fall” en cinco semanas de trampeo en lote sin manejo. Tlalnepantla, Morelos. Trampas enterradas (T-1), trampas sin enterrar (T-2) -----                                                                     | <b>31</b> |

**EVALUACIÓN DE FEROMONAS NATURALES Y COMERCIALES PARA EL  
TRAMPEO DEL PICUDO DEL NOPAL *Metamasius spinolae* (GYLLENHAL)  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN TLALNEPANTLA, MORELOS.**

**EVALUATION OF NATURAL AND COMMERCIAL PHEROMONE FOR TRAPPING  
OF *Metamasius spinolae* (GYLLENHAL) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN  
TLALNEPANTLA, MORELOS.**

Hernández-López M.<sup>1</sup>, S. Ramírez-Alarcon<sup>2</sup>, E. Rodríguez-Leyva<sup>3</sup>

**RESUMEN**

El nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) es un cultivo importante en varias regiones de México y una de sus plagas más importantes es el picudo del nopal, *Metamasius spinolae* (Gyllenhal). Para evaluar la atracción de feromonas sobre el picudo se realizaron pruebas en un olfatómetro en laboratorio, y ensayos en campo con trampas tipo pit-fall en una zona productora en Tlalnepantla, Morelos. Se evaluaron siete tratamientos: nopal, feromonas naturales (insectos), feromonas comerciales (Metalure®, Ryncolure®) y una cetona (acetato de etilo). Los resultados de laboratorio y campo indicaron que la mejor fuente de feromonas de agregación fueron los insectos; los machos fueron más atractivos y más sensibles que las hembras. Las hembras también produjeron feromonas de agregación pero la atracción fue menor y los niveles de atracción no difirieron de la combinación de machos y hembras, o de nopal dañado por picudo. Metalure®, Ryncolure®, acetato de etilo y nopal sin daño por insectos no mostraron evidencia de atracción hacia los picudos.

Palabras clave: *picudos, olfatómetro, feromona de agregación, comportamiento.*

**ABSTRACT**

The immature nopal pad, better known as nopalito (*Opuntia ficus - indica* L.), is an important crop in several regions of Mexico, and *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) is one of its most important pests. To evaluate attracting pheromones of the weevil a lab olfactometer was used. Additionally, pit-fall traps were used to evaluate attraction in the field in a nopalitos producing area in Tlalnepantla, Morelos. We evaluated seven treatments: nopal, natural pheromone (insects), commercial pheromones (Metalure®, Ryncolure®) and a ketone (ethyl acetate). Laboratory and field results indicated that the best source of aggregation pheromones were insects, males were more attractive and sensitive than females. Females also produced aggregation pheromones but the attraction was less and did not differ from attraction by the combination of males and females, or nopal damaged by weevils. Metalure®, Ryncolure®, ethyl acetate and nopal without insect damage showed no evidence of attracting weevils.

Key words: *weevils, olfactometer, aggregation pheromone, behavior.*

<sup>1</sup>Tesista de Maestría en Protección Vegetal.

<sup>2</sup>Director. Posgrado en Protección Vegetal. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH.

<sup>3</sup>Codirector. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Edo. de México.

## I. INTRODUCCIÓN

México se ubica como primer productor de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) a nivel mundial con una superficie de 10,930 ha y una producción de 759,071 t (SIACON, 2005). El Distrito Federal es el primer productor con una superficie de 4,336 ha y una producción total de 314,053 t, seguido por Morelos con 2,518 ha y una producción total de 279,344 t (SIACON, 2005). En el estado de Morelos, el municipio de Tlalnepantla tiene la mayor superficie sembrada con nopal verdura y casi el 90% de la población se dedica solo a este cultivo (Rubio, 1997). Esto lo convierte en el cultivo primario por los ingresos económicos que genera. Este cultivo representa la mayor fuente de ingresos de la población principalmente en otoño e invierno, estaciones en las que la producción de otras entidades productoras, como Distrito Federal y Estado de México, disminuye debido a las bajas temperaturas que predominan en esas áreas (Rubio, 1997).

Dentro del área agrícola de Tlalnepantla el cultivo del nopal se ve afectado por diversas plagas y enfermedades. Uno de los insectos plaga más importantes es el picudo del nopal, *Metamasius spinolae* (Gyllenhal), insecto que ocasiona graves daños en la producción. Como daños directos las larvas devoran los tejidos internos de las pencas y forman galerías en los ejes principales, esto debilita las plantas y puede ocasionar la necesidad de renovar las plantaciones en periodos menores de cinco o diez años lo que incrementa los costos de producción. Los adultos se alimentan de cladodios inmaduros (nopalitos) y afectan la producción directamente (Badii y Flores, 2001; Tafoya, 2003). Como daños indirectos, la presencia de los adultos en la temporada de emergencia,

Junio a Septiembre, provocan que el productor realice aplicaciones de plaguicidas algunas veces no justificadas (Badii y Flores, 2001).

En México no se han realizado estudios sobre métodos de control del picudo del nopal alternativos al uso de insecticidas. Sin embargo, existen otros métodos que pueden ser implementados en un sistema de manejo integrado, como es el uso de feromonas. La especificidad de las feromonas es una ventaja obvia y las trampas cebadas con feromona sintética han sido usadas extensivamente para monitorear plagas de insectos (Primo, 1991). Monitorear poblaciones de una plaga específica se ha incorporado en varios programas de manejo integrado para una aplicación oportuna de insecticidas eliminando aplicaciones innecesarias o calendarizadas (Primo, 1991).

La presencia de feromonas se ha detectado en 34 especies de la familia Curculionidae pertenecientes a 11 subfamilias (Bartelt, 1999). La primera evidencia de feromonas en esta familia se encontró en el picudo del algodnero *Anthonomus grandis* (Boheman) (Keller *et al.*, 1964). En esta especie la respuesta en campo fue mayor en machos que en hembras debido a que se trata de una feromona de agregación (Hardee *et al.*, 1974). En otras plagas el uso feromonas, combinado con otros métodos de control, ha tenido éxito para mantener a éstas a niveles poblacionales bajos de tal manera que no alcancen un nivel de daño económico (Cardi, 2000). El uso de feromonas en combinación con algunas otras sustancias como atrayentes alimenticios o sustancias derivadas de los hospederos, como caña o plátano, ha mostrado poder sinergista y se usa en sistemas de muestreo y trampeo masivo del picudo de la palma de coco *Rhynchophorus palmarum* L. y del picudo de la caña de azúcar

*Metamasius hemipterus* L., como una herramienta más dentro de un sistema de manejo integrado (Alpizar *et al.*, 2002). De igual forma para el picudo del banano, *Cosmopolites sordidus* (Germar), el uso de su feromona de agregación resulta efectivo como herramienta para su manejo (Alpizar *et al.*, 1999; Oehlschlager *et al.*, 2000). Otro ejemplo del uso de feromonas de agregación es con plagas forestales como *Dendroctonus mexicanus* (Hopkins), que es utilizada para la estimación de la fluctuación poblacional de esta especie (Díaz *et al.*, 2006).

Para el picudo del nopal aún no se producen feromonas comerciales específicas, pero se han realizado algunos intentos de trampeo con feromonas naturales (insectos vivos) en campo (Cibrián *et al.*, 2006). A pesar de la especificidad de estas sustancias en el comportamiento de determinadas especies de insectos, algunos investigadores reportan que feromonas comercialmente disponibles pueden atraer a más de una especie de picudo. Alpizar *et al.* (2002) menciona que se pueden capturar *M. hemipterus* con la mezcla de su feromona y la feromona de *R. palmarum* y viceversa y sería importante evaluar algunos de estos compuestos contra el picudo del nopal que pertenece al mismo género *Metamasius*. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue el siguiente:

- a) Evaluar en condiciones de laboratorio y campo la respuesta de atracción del picudo del nopal a feromonas naturales y comerciales.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Origen y distribución de *Opuntia* spp.**

El género *Opuntia* spp., conocido en México comúnmente como nopal, es originario del continente Americano. A pesar que este género se distribuye desde Canadá hasta Argentina (Bravo, 1978), la variación genética es más amplia en las zonas áridas y semiáridas por lo que algunos botánicos consideran a éstas como el centro de origen. Además, se considera a México como uno de los principales centros de diversidad de este género (Bravo, 1978).

### **2.2 Usos**

En México, los usos del nopal son diversos. Su empleo más generalizado es como alimento humano mediante el consumo de cladodios inmaduros (nopal verdura o nopalitos) y de frutos (tunas). Sin embargo, también se emplea como forraje para ganado bovino, con fines ornamentales, y obtención de colorantes. Del nopal se pueden obtener más de 100 subproductos, entre estos jugos, mermeladas, bebidas, cosméticos, shampoos, jabones, tintes, adhesivos, e impermeabilizantes. Asimismo, en la generación de energía (etanol y combustible), elaboración de artesanías e incluso en la obtención de medicamentos (COLPOS, 2005).

### **2.3 Cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en México**

En México los nopales crecen en las planicies áridas del centro y norte del país, en diferentes climas, suelos, altitudes y tipos de vegetación; se ha reportado también en climas subtropicales y tropicales. Se estima que existen alrededor de 3 millones de hectáreas de nopaleras silvestres en México. Además, se

calcula que existen 250,000 ha donde el nopal crece con fines comerciales (Badii y Flores, 2001). De las cuales 170,000 ha se destinan al forraje, 50,000 ha para tuna, 11,000 ha para producir nopalitos y el resto para otros fines (SIACON, 2005).

## **2.4 Producción de nopal verdura en México**

El nopal verdura o nopalito (*O. ficus-indica* L.) se distribuye en mayor grado en el centro del país, destacando como principales productores las localidades de: Milpa Alta, Distrito Federal, Tlalnepantla, Morelos, y en menor grado San Martín de las pirámides, Estado de México, y el estado de Puebla. Sin embargo, también se cultiva en los estados de: Durango, Zacatecas, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Oaxaca (SAGAR, 1998) (Cuadro 1). La producción y aprovechamiento del nopal han evolucionado desde un sistema de simple recolección para consumo directo e inmediato, hasta el establecimiento de plantaciones próximas a las viviendas, para finalmente ser manejado como un cultivo especializado en plantaciones comerciales (Flores, 2001). Este cambio se ha visto influido por la demanda que ha ejercido la población del centro de México y la reciente exigencia por formas más eficientes de producción y comercialización (Flores, 2001) que, en muy pocos casos, han logrado la exportación de nopalitos a EE.UU., Canadá y Japón (Gallegos y Méndez, 2000).

Entre las variedades comerciales de nopal verdura destaca la Milpa Alta *O. ficus-indica* L. como la más importantes en términos de área cultivada y volumen de producción. Esta variedad es cultivada en las dos áreas más importantes de producción nacional, Distrito Federal y Morelos (Flores, 1994).



**Cuadro 1.** Superficie y producción promedio de nopal verdura por entidad federativa en México, 2005.

| Entidad          | Superficie (ha) | Producción (t) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Distrito Federal | 4,336           | 314,051        |
| Morelos          | 2518            | 279,344        |
| Estado de México | 646             | 105,717        |
| Tamaulipas       | 584             | 3,323          |
| Jalisco          | 474             | 6,529          |
| San Luis Potosí  | 388             | 1,164          |
| Baja California  | 383             | 7,777          |
| Zacatecas        | 338             | 6,861          |
| Michoacán        | 286             | 6,073          |
| Aguascalientes   | 227             | 10,467         |
| Guanajuato       | 177             | 3,081          |
| Puebla           | 100             | 6,480          |
| Oaxaca           | 95              | 994            |
| Sonora           | 48              | 253            |
| Durango          | 43              | 1,280          |
| Hidalgo          | 42              | 3,390          |
| Querétaro        | 25              | 314            |
| Otros            | 20              | -              |
| SUMA             | 10,730          | 757,098        |

Fuente: SIACON (2005)

## 2.5 Plagas

El nopal es atacado por varios insectos que causan daños de consideración y hacen necesaria la realización de medidas de control; la incidencia y severidad de daño que ocasionan los insectos plaga en nopal varía un poco dependiendo de la zona de producción (Méndez, 1994). Las plagas del nopal que se distribuyen en diferentes partes del país se enlistan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Principales plagas del nopal en México.

| Nombre común            | Nombre científico                         |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| Picudo barrenador       | <i>Metamasius spinolae</i> (Gyllenhal)    |
| Picudo de las espinas   | <i>Cylindrocopturus birradiatus</i> Champ |
| Gusano blanco del nopal | <i>Lanifera cyclades</i> Druce            |
| Gusano cebrá            | <i>Olycella nephelepsa</i> Dyar           |
| Chinche gris            | <i>Chelinidea tabulata</i> Burm           |
| Chinche roja            | <i>Hesperolabops gelastops</i> Kirk       |
| Mosca del nopal         | <i>Dasiops bennetti</i> Mc Alpine         |
| Barrenador del nopal    | <i>Moneilema variolaris</i> Thom          |
| Cochinilla o grana      | <i>Dactylopius indicus</i> Green          |
| Trips del nopal         | <i>Sericotrips opuntiae</i> Hood          |
| Diabrotica              | <i>Diabrotica</i> spp.                    |
| Gallina ciega           | <i>Phyllophaga</i> spp.                   |
| Caracol                 | <i>Helix aspersus</i> Muller              |

Fuente: Badii y Flores (2001)

Algunos de los daños importantes y distribuidos en la mayoría de las zonas de producción es el ocasionado por insectos barrenadores pertenecientes a Coleoptera y Lepidoptera. Debido a que la mayor parte de su ciclo de vida permanecen dentro de los cladodios de la planta, los daños que provocan son difíciles de prevenir. Asimismo, las galerías ocasionadas por estos insectos en los cladodios que sirven de soporte a la planta pueden llegar a ocasionar la caída de plantas de avanzada edad o de plantas con excesivo daño (Badii y Flores, 2001).

## **2.6 Picudo del nopal *Metamasius spinolae* (Gyllenhal)**

### **2.6.1 Importancia y distribución**

El picudo del nopal *M. spinolae* está catalogado como la plaga más destructiva del nopal verdura (*O. ficus-indica* L.) en México. La hembra deposita los huevos en los cladodios más viejos y una vez que emerge la larva penetra a la penca haciendo galerías que debilitan la planta, en infestaciones altas puede ocasionar la muerte de la planta lo que trae como consecuencia pérdida en la producción. Adicionalmente, los orificios de entrada sobre el cultivo favorecen el ataque de hongos y bacterias saprófitas (Badii y Flores, 2001; Tafoya *et al.*, 2007). El picudo está ampliamente distribuido desde Centroamérica hasta el suroeste de Estados Unidos, ataca un gran número de especies de *Opuntia* y *Nopalea*. En nuestro país se tienen registros que se distribuye desde Chihuahua y Tamaulipas hasta Michoacán y Veracruz; sin embargo, se encuentra en mayor abundancia en el altiplano y el centro del país (Méndez, 1994).

### **2.6.2 Descripción**

*Huevo.* Es de color blanco marfil, brillante y sin ornamentaciones evidentes en el corión (García, 2000). La *larva* es típica curculioniforme, es decir apoda y curvada, es de color blanco, mide entre 25 y 31 mm en sus últimos instares, cabeza de color rojo oscuro con mandíbulas fuertes. Presenta divisiones intersegmentales marcadas sobre todo en la parte dorsal, con muchas cerdas en todo el cuerpo (García, 2000). La *pupa* tiene las mismas dimensiones y forma del estado adulto y es del tipo exarata; está protegida por un capullo de fibras de nopal y se puede localizar, algunas veces, cerca del orificio de entrada de la larva (García, 2000) aunque muchas otras puede estar cerca de la penca que soporta la planta completa (Rodríguez-Leyva, comunicación personal).

*Adulto.* Picudo negro de 20 a 36 mm de longitud, que presenta dos manchas rojas o naranjas en la parte anterior y dorsal del protórax, muy cerca de la cabeza y dos bandas transversales del mismo color en cada élitro; presenta dimorfismo sexual. Los machos presentan la parte ventral del abdomen hundido y la parte interna de las tibias anteriores con cerdas largas. Las hembras presentan la parte ventral del abdomen abultado y la parte interna de las tibias anteriores con cerdas cortas y menos densas que los machos (Muñiz, 1998).

### **2.6.3 Ciclo de vida**

La hembra deposita los huevos en la parte basal de los cladodios, protegidos con una sustancia de color café a negro que la misma hembra excreta. La oviposición puede ocurrir desde fines de mayo hasta el mes de agosto (Méndez, 1994; Badii y Flores, 2001). Tan pronto eclosiona el huevo, la larva del primer instar entra al tejido de la planta para alimentarse del cladodio,

actividad que realiza durante todo su desarrollo, dirigiéndose al centro de la penca. Dicha alimentación causa secreciones gomosas en la penca y salen por el punto de entrada de la larva. Su desarrollo larval termina en el mes de noviembre; puede permanecer como larva hasta seis meses. Esta construye una celdilla de fibras masticadas cerca de la superficie de la penca, generalmente la pupación se realiza en un lugar seco. Esta puede ocurrir cerca del tronco de la planta y generalmente cercano al orificio de entrada de la larva. Los adultos se pueden observar desde el mes de febrero, en los lugares más cálidos, aunque esto no es muy común, y en los meses de agosto y septiembre en las regiones menos cálidas. Presenta una generación por año. El ciclo biológico dura de 7 a 15 meses desde la oviposición hasta la emergencia del adulto, con una longevidad de los adultos de aproximadamente un año (García, 2000).

#### **2.6.4 Daños**

La larva ocasiona el daño mas severo, ya que durante todo su desarrollo se alimenta en forma voraz de los tejidos internos de la planta en donde hacen sus galerías, lo que ocasiona que la planta sufra un debilitamiento general, dando por resultado la reducción de la producción y en casos severos la muerte (Badii y Flores, 2001). Los adultos se alimentan de las pencas tiernas provocándoles deformaciones y disminución de los brotes florales y vegetativos. Además del daño directo que ocasionan, las heridas provocadas a la planta, pueden convertirse en puntos de entrada para bacterias y hongos (García, 2000; Badii y Flores, 2001).

### 2.6.5 Manejo

Para el manejo de esta plaga se describen algunas alternativas que a continuación se mencionan sin embargo el método más utilizado es el control químico.

*Mecánico.* Debido a su lento desplazamiento el adulto se puede recolectar y destruir en los meses de febrero hasta agosto y mediante un cuchillo la larva se puede extraer de la penca (Badii y Flores, 2001).

*Cultural.* Durante las podas de saneamiento, se deben cortar las pencas demasiado dañadas y buscar el insecto para eliminarlo. Además resulta importante la selección de las plantas cuando se establece la huerta, por lo que la penca deberá estar libre de plagas y enfermedades.

*Biológico.* Hernández (1993) señala a un arácnido como depredador de *M. spinolae* pero no menciona la especie.

*Químico.* No existen insecticidas autorizados para el combate de plagas del nopal pero algunos autores (Badii y Flores, 2001) han indicado que para el control de este picudo se utilizan los siguientes insecticidas: *Azinfos metílico* C.E. 25% de 1 a 1.5 L ha<sup>1</sup>, *Endosulfan* C.E. 35% de 1 a 2 L ha<sup>1</sup>, *Paration metílico* C.E. 50 de 0.5 a 1.5L ha<sup>1</sup>

### 2.7 Ecología química de curculiónidos

Las feromonas pueden ser definidas como sustancias químicas que son secretadas y liberadas a la atmósfera por un organismo; en los insectos, estas sustancias son producidas por las glándulas exocrinas y recibidas como un mensaje por otros miembros de la misma especie, sobre los cuales inducen una

reacción específica de comportamiento o un proceso de desarrollo (De León, 1983; Flint y Doane, 1996). Haciendo un comparativo entre las alrededor de 40,000 especies que conforman a la Familia Curculionidae, y las especies para las cuales se reportan compuestos con capacidad de atracción, se puede afirmar que el estudio de las feromonas en los curculiónidos abarca solo el 0.085% del grupo; lo que habla del campo que aún falta explorar (Bartelt, 1999). De acuerdo con este mismo autor, entre los aspectos generales que caracterizan la ecología química del grupo se puede mencionar:

a) El conocimiento sobre feromonas varía ampliamente entre especies, para algunas especies únicamente hay reportes iniciales de compuestos de atracción, pero para otras existen estudios fisiológicos, comportamentales, identificación química, síntesis e incluso desarrollo comercial de las feromonas. El picudo del algodón, *Anthonomus grandis* (Boheman), es por mucho la especie más extensamente estudiada de este grupo de insectos, y al parecer fue la primera especie donde se demostró la evidencia de feromonas en esta familia (Keller *et al.*, 1964). Bartelt (1999) menciona 34 especies de picudos donde se ha documentado la presencia de feromonas.

b) La mayoría de las feromonas reportadas en el grupo son producidas por machos y usualmente atraen a ambos sexos (feromonas de agregación) actuando a distancias considerables (p. e. más de 10 m para *A. grandis*). Los estudios comportamentales suelen ser poco claros, producto que no se han desarrollado bioensayos adecuados para medir el comportamiento de este grupo de insectos. No se conocen muchos factores que afectan la producción y respuesta de los picudos.

c) Las feromonas suelen ser mezclas de compuestos, necesarios en conjunto para promover la atracción. Adicionalmente, los volátiles de los hospederos juegan un papel elemental en la producción y actuando frecuentemente como sinergistas de las feromonas.

d) Actualmente el empleo de feromonas de agregación ha resultado ser eficiente en el manejo integrado de algunas especies de curculiónidos, por ejemplo el picudo del cocotero y el picudo de la caña de azúcar (Alpizar *et al.*, 2002) y el picudo del banano (Alpizar *et al.*, 1999; Oehlschlager *et al.*, 2000).

## **2.8 Factores que afectan la emisión y recepción de feromonas de agregación en Curculionidae**

### **2.8.1 Liberación de la feromona**

La cantidad de feromona que los insectos liberan es extremadamente baja, de apenas unos cuantos nanogramos por unidad de tiempo. Por tal motivo, en algunos casos es difícil estimar su tasa de liberación debido a que la feromona es adsorbida sobre la superficie adyacente e incluso por el cuerpo del insecto. Actualmente existen técnicas que permiten calcular la tasa de liberación de la feromona. Se ha encontrado que en el caso de los curculiónidos, los machos emiten feromona en cantidades que van de entre 0.5 y 1.3  $\mu\text{g}$  por día (Hedin *et al.*, 1974; Mckibben *et al.*, 1976).

### **2.8.2 Ritmo cardíaco**

Los cambios en el ritmo cardíaco perturban la actividad y son responsables de modificaciones fisiológicas y comportamentales del insecto, limitan la alimentación, apareamiento y aún el crecimiento en ciertos periodos restringidos

del día o de la noche. Fuera de estos periodos, la probabilidad de la respuesta del insecto, aún a altos niveles de estimulación, puede ser tan baja que no es posible hacer una prueba de comportamiento. El ritmo circadiano gobierna una variedad de patrones comportamentales en muchos insectos (Howse, 1998). Por ejemplo, la feromona liberada por la hembra de *Trichoplusia ni* Hubner registra su mayor pico después de ocho horas de oscuridad (Sower *et al.*, 1970).

### **2.8.3 Volátiles de plantas**

Muchos de los receptores de las antenas están especializados para la recepción de los compuestos feromonales (Howse *et al.*, 1998). En muchos de los insectos, los volátiles de la planta son un factor aditivo o tienen acción sinergista en los sistemas de comunicación de los insectos. Un ejemplo son los componentes químicos etanol y acetato de etilo que forman parte de los volátiles de la palma de coco, funcionando como un agente sinergista en la atracción y captura de *Rhyncophorus palmarum* L. (Jaffé *et al.*, 1993). Además, en diversos insectos donde se ha identificado su feromona de agregación, se han evaluado diferentes tipos de tejidos de plantas hospederas que actúan como atrayentes o sinergistas (Camino, 1992). Otros autores señalan que en las trampas cebadas con tejidos vegetales las capturas se incrementan cuando se confinan conjuntamente con los machos, en comparación con solamente machos (Moura *et al.*, 1989; Rochat *et al.*, 1991).

### **2.8.4 Mecanismos de producción y regulación endócrina de feromonas**

Los coleópteros utilizan varias formas en la biosíntesis de sus feromonas. Por ejemplo, algunas son obtenidas a través de simples modificaciones de los

componentes de la dieta, mientras que otras son sintetizadas *de novo* a partir de precursores biogénicos simples. Los microorganismos simbióticos pueden estar involucrados en la biosíntesis de algunas feromonas, pero aún no se ha estudiado su contribución exacta (Vanderwel y Oehlschlanger, 1987). La producción y liberación de feromonas esta constantemente regulada por una variedad de factores ambientales y fisiológicos. Por ejemplo, la producción de las feromonas de agregación puede aumentarse por la presencia de alimento (Hedin *et al.*, 1975; Burkholder, 1982). En escolítidos la estimulación para la producción de feromonas se atribuye a factores hormonales y en *D. brevicornis* LeConte la producción de feromonas de agregación por la hembra esta estimulada por la hormona juvenil (Dickens y Wiygul, 1987).

#### **2.8.5 Secuestro de los componentes del hospedero**

Ambos sexos de *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins liberan limoneno con su feromona de agregación cuando son estimulados por señales acústicas del sexo opuesto. El limoneno, un constituyente mayoritario del escolítido, actúa sinérgicamente con la feromona de agregación para facilitar el ataque masivo al huésped (Rudinsky y Ryker, 1977). Se desconoce si el coleóptero secuestra el compuesto de su hospedero en la parte anterior del intestino durante el estado larval, o como adulto, o si es sintetizado *de novo* (Rudinsky y Ryker, 1977). Algunos de los monoterpenos del hospedero como el  $\alpha$ -pineno son secuestrados por la pupa en *D. frontalis* Zimmermann (Hughes, 1975).

#### **2.8.6 Modificación de los componentes del hospedero**

La producción de feromonas de ciertas especies fitófagas esta parcialmente regulada por la disponibilidad de precursores químicos, tales como los

componentes secundarios presentes en la planta hospedera (Hendry, 1976), como ocurre en los Scolitydae (Hedin *et al.*, 1979; Vanderwel y Oehlschlanger, 1987).

## **2.9 Estrategias de utilización de las feromonas en el campo**

Las feromonas son los semioquímicos de los insectos más utilizados en la práctica y en muchas formas, particularmente en el control de plagas, ya que juegan un papel importante en los programas de manejo. Para ello se requiere años de investigación y un cúmulo de conocimiento en la química de la feromona, además del comportamiento de los insectos, para finalmente desarrollar la tecnología en la aplicación de las feromonas en el control de plagas (Flint y Doane, 1996).

Como un medio de control, las feromonas pueden usarse en trampeos masivos, interrupción del apareamiento y más recientemente en el método de atracción-eliminación, o también llevar a cabo programas de registro de poblaciones de plaga. Ridway *et al.* (1990) en base a una encuesta realizada sobre el uso comercial de feromonas afirman que la aplicación mas común de las mismas es para el monitoreo (muestreo), seguido por el método de atracción-eliminación y por último, en menor importancia para la interrupción del apareamiento. Las aplicaciones importantes son las siguientes:

### **2.9.1 Monitoreo en la población de plagas**

El uso más frecuente de las feromonas es como cebos en trampas que sirven para monitorear la presencia y la densidad de la población de la plaga en programas de manejo. Un ejemplo de ello es el realizado en huertos de

manzano en Holanda, donde las trampas con feromona fueron distribuidas en el huerto y usadas para determinar el inicio de vuelo de la palomilla *Adoxophyes orana* Fischer von Rosslerstamm lo que permitió la aplicación oportuna de insecticidas y la reducción de cinco a siete aplicaciones convencionales (Roelofs, 1981; Flint y Doane, 1996).

### **2.9.2 Trampeo masivo**

El trampeo masivo es una herramienta mas para el manejo de plagas. Es además un medio de control que esta dirigido a los adultos de manera selectiva, con el objeto de mantener a la población plaga a niveles por debajo del umbral económico. Este método esta limitado a insectos con ciertos patrones comportamentales y con una alta capacidad de respuesta al atrayente (Bakke y Lie, 1989). En el picudo del algodón se han realizado numerosas evaluaciones encontrando una reducción en las poblaciones pero no así la supresión de la plaga, por lo que el uso de otras estrategias de control junto con el trampeo masivo se recomienda para reducir las poblaciones de insectos.

### **2.9.3 Interrupción del apareamiento**

En muchos casos no es económicamente factible el uso de trampeo masivo para el control de plagas por lo que es mejor la impregnación atmosférica con uso de atrayentes químicos, para interrumpir el sistema de comunicación natural durante el apareamiento. La interrupción química confunde al macho y altera la percepción de la feromona afectando cuantitativa y cualitativamente los cambios en el estímulo químico. Los posibles mecanismos de esta técnica incluyen la confusión, un rastro enmascarado y seguir un rastro falso (Roelofs, 1981; Flint y Doane, 1996).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Olfatómetro para evaluar atracción de feromonas naturales y comerciales**

Para este experimento se utilizaron picudos colectados en la zona productora de nopal verdura de Tlalnepantla, Morelos, durante los meses de julio y agosto de 2007. Los insectos se separaron por sexo al momento de ser colectados en campo; se sexaron de acuerdo a las siguientes características morfológicas: los machos presentan la parte ventral del abdomen hendido y la parte interna de las tibias anteriores con cerdas largas. Las hembras presentan la parte ventral del abdomen abultado y la parte interna de las tibias anteriores con cerdas cortas y menos densas que los machos (Muñiz, 1998). El material se transportó al laboratorio de entomología, en el Instituto de Fitosanidad, del Colegio de Postgraduados y se mantuvo a temperatura ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , aproximadamente) en recipientes de plástico de 14x14x8 cm. Dichos recipientes tenían orificios de 9x5 cm sellados con malla galvanizada para ventilación. Los insectos se alimentaron cada tercer día con nopal verdura proveniente de Morelos o de de la zona aledaña al Colegio de Postgraduados. Al momento de realizar las pruebas los picudos tenían de 4 a 5 semanas de edad. Los insectos se dejaban en ayuno por 24 h antes de las pruebas y se emplearon en una sola ocasión.

Para realizar las pruebas se utilizó un olfatómetro de doble vía. El dispositivo consistió de un compartimiento principal, matraz Erlenmeyer de 4 L, y dos matraces kitasato de 125 mL acoplados a la base del matraz de 4 L (Figura 1). El flujo de aire se desplazaba de los matraces kitasato hacia el compartimento

la combinación de machos más hembras se analizaron mediante pruebas individuales de “t” (SAS Institute, 2002).

### **3.2 Experimentos en campo con trampas tipo “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales (insectos)**

Para evaluar la atracción de feromonas naturales (insectos) en campo se realizaron dos experimentos, uno en un lote comercial y otro en un lote abandonado en la zona productora de nopal verdura de Tlalnepantla, Morelos. Los experimentos se realizaron de junio a agosto de 2007, período que corresponde a los picos más altos de población de adultos del picudo del nopal en la zona (Datos no publicados). Los tratamientos que se evaluaron fueron: 10 machos (T1), 10 hembras (T2), 5 machos + 5 hembras (T3), y Nopal (T4). Los insectos que se usaron como cebo en las trampas se colectaron en la misma zona y no se tuvo control sobre la edad y/o apareamiento. Los picudos de cada tratamiento se confinaron en recipientes de plástico de 14x14x8 cm, estos tenían cuatro orificios de 9x5 cm sellados con malla galvanizada que permitía la ventilación y evitaba el escape de los insectos (Figura 2). Estos picudos se alimentaban semanalmente con trozos de nopal y fueron reemplazados cada 15 días. En el lote comercial algunas veces se realizaron cambios semanales debido a la aplicación de insecticidas que ocasionó la muerte de los insectos. Los recipientes que contenían a los picudos se colgaron de la tapa de las trampas tipo pit-fall de tal modo que quedaran dentro de esta y a la par de los orificios para permitir que los volátiles se desplazaran al exterior. Las trampas eran de 15 L de capacidad con seis orificios de 5 cm de diámetro a 5 cm del extremo superior (Figura 2). Éstas se enterraron 15 cm en el suelo para dejar

los orificios a ras de éste y permitir a los insectos caer al fondo (Figura 3). Cada trampa contenía 2 L de agua con detergente ROMA® para matar a los insectos que eran capturados.



**Figura 2.** Trampa tipo “pit-fall” con capacidad de 15 L y recipiente en donde se colocaron los insectos utilizados como fuente de atracción.



**Figura 3.** Trampa tipo “pit-fall” enterrada dejando los orificios de entrada de los insectos a ras de suelo.

Cada trampa se constituyó en una unidad experimental. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar. La distancia entre trampas fue de 15 m y 10 m entre bloques. La revisión de trampas se realizó semanalmente en siete ocasiones para ambos experimentos y se contabilizaba el número de insectos capturados. Los datos fueron analizados estadísticamente con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002), se realizó además una comparación de medias Tukey ( $P=0.05$ ).

### **3.3 Experimento en campo con trampas tipo “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales y comerciales**

Este experimento de campo consistió en la evaluación y comparación de feromonas naturales (insectos) y algunas feromonas comerciales de otras especies de picudos, además del acetato de etilo. Este experimento se realizó en condiciones y fechas similares al experimento anterior en la zona productora de Tlalnepantla, Morelos. Los tratamientos que se evaluaron fueron: Metalure® (T1), Ryncolure® (T2), Acetato de etilo (T3), 10 machos (T4) y Nopal (T5). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las trampas fueron similares a las descritas previamente; los liberadores de feromonas (FeroCompS®) y el acetato de etilo se colocaron dentro de las jaulas que, en las otras, contenían a los insectos. La distancia entre trampas y entre bloques fue de 10 m. Se realizaron observaciones semanalmente en cinco ocasiones y se registró el número de insectos capturados. Los datos se analizaron estadísticamente con el paquete estadístico SAS y comparación de medias Tukey ( $P=0.05$ ) (SAS Institute, 2002). Para los tratamientos en los que hubo al menos un insecto capturado.

### 3.4 Experimento en campo para evaluar las trampas “pit-fall” en dos posiciones

Por la dinámica del trabajo y lo costoso de evaluar más variables en campo durante los experimentos anteriores, la evaluación se realizó con una sola posición de las trampas. Con la intención de comparar la eficiencia de captura del diseño de esta trampa en diferente posición en campo se realizó un ensayo que consistió en comparar dos posiciones de las trampas: Trampa enterrada en el suelo (T1), como ya se describió previamente, o trampa que se colocó sobre la superficie del suelo (T2). Este ensayo se realizó en un lote de nopal sin manejo en la misma zona productora de Tlalnepantla, Morelos. La fuente de atracción para las trampas fueron 10 machos del picudo con trozos de nopal para su alimentación. Los insectos se sustituyeron dos veces, y las observaciones de captura se realizaron semanalmente en cinco ocasiones. Cada trampa se consideró una unidad experimental. Los tratamientos 1 y 2 se colocaron en forma alternada (Figura 4) en dos hileras de cultivo y se dejó un espacio de 7 m entre tratamientos. Los datos se analizaron mediante una prueba de “t” con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002).



**Figura 4.** Trampa tipo “pit-fall” en dos posiciones en campo. a) Sin enterrar, b) Enterrada

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 Olfatómetro para evaluar atracción de feromonas naturales y comerciales**

De acuerdo con el análisis estadístico en parcelas divididas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (=parcela chica) ( $F=70.58$ , g.l.=36, 6,  $P\leq 0.0001$ ) para la variable individuos (número total de insectos atraídos a la fuente de estímulo). El tratamiento con 10 machos (T1) fue el que mayor número de insectos atrajo, tanto a hembras como a machos (Cuadro 3). Los tratamientos con hembras (T2), la combinación machos más hembras (T3), y el de nopal dañado por picudo (T5) tuvieron efectos de atracción similares (Cuadro 3) pero atrajeron menor cantidad de insectos que el tratamiento con machos. Los tratamientos con nopal (T4), Ryncolure® (T6) y Metalure® (T7) no mostraron evidencia importante de atracción hacia los insectos (Cuadro 3). Se probó un octavo tratamiento (Acetato de etilo) que no presentó atracción hacia ninguno de los dos sexos de los picudos por lo que no se consideró en el análisis estadístico.

De acuerdo con el mismo análisis en parcelas divididas, en el caso de sexo receptor (parcela grande) no se encontraron diferencias para el número total de insectos atraídos a la fuente de estímulo ( $F=2.03$ , g.l.=3, 1,  $P=0.25$ ). Sin embargo, para la interacción sexo por tratamiento con el análisis se detectó que había diferencias significativas ( $F=2.99$ , d.f.=36, 6,  $P=0.02$ ) para la misma variable.

**Cuadro 3.** Número total de *Metamasius spinolae* atraídos a feromonas naturales y comerciales (media  $\pm$  desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N).

| No. | Tratamiento         | Media $\pm$ desviación estándar <sup>1</sup> |
|-----|---------------------|----------------------------------------------|
| 1   | 10 M                | 7.1250 $\pm$ 0.6408 <b>a</b>                 |
| 2   | 10 H                | 4.3750 $\pm$ 0.9161 <b>b</b>                 |
| 3   | 5 M + 5 H           | 4.2500 $\pm$ 0.8864 <b>b</b>                 |
| 5   | N dañado por picudo | 3.3750 $\pm$ 0.9161 <b>b</b>                 |
| 7   | Metalure®           | 2.0000 $\pm$ 0 <b>c</b>                      |
| 4   | N                   | 1.8750 $\pm$ 0.8345 <b>c</b>                 |
| 6   | Ryncolure®          | 1.1250 $\pm$ 0.9910 <b>c</b>                 |

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

Para la variable tiempo de respuesta, que fue la velocidad a la que respondían los insectos a las fuentes de estímulo medida en minutos, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $F=1.10$ , g.l.=36, 6,  $P=0.38$ ). No obstante, si existieron diferencias significativas para la variable sexo receptor ( $F=72.47$ , g.l.=3, 1,  $P=0.003$ ) y para la interacción sexo tratamiento ( $F=4.47$ , g.l.=36, 6,  $P=0.02$ ). Para el sexo receptor, en machos se registró una media de 8.58 minutos el cual fue diferente estadísticamente al tiempo de respuesta de hembras que tuvo una media de 7.52 minutos, sin embargo en número de insectos atraídos los machos son mas atraídos. Después de detectar la interacción sexo y tratamiento en el análisis que se realizo en parcelas divididas, se realizó un análisis considerando al sexo como bloque. Para el caso

de las hembras solo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable individuos ( $F=27.67$ , g.l.=36, 6,  $P\leq 0.0001$ ). El tratamiento uno, 10 machos, fue el que atrajo un mayor número de hembras, seguido por el tratamiento con 10 hembras, la combinación de sexos 5 machos mas 5 hembras y el nopal dañado por picudo (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Atracción de hembras de *Metamasius spinolae* a feromonas naturales y comerciales (media  $\pm$  desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N).

| No. | Tratamiento         | Media $\pm$ desviación estándar <sup>1</sup> |              |
|-----|---------------------|----------------------------------------------|--------------|
| 1   | 10 M                | 6.7500 $\pm$ 0.5                             | <b>a</b>     |
| 2   | 10 H                | 4.5000 $\pm$ 1.2909                          | <b>b</b>     |
| 3   | 5 M + 5 H           | 3.7500 $\pm$ 0.5                             | <b>c b</b>   |
| 5   | N dañado por picudo | 3.2500 $\pm$ 0.5                             | <b>c b d</b> |
| 4   | N                   | 2.2500 $\pm$ 0.5                             | <b>c d</b>   |
| 7   | Metalure®           | 2.0000 $\pm$ 0                               | <b>d</b>     |
| 6   | Ryncolure®          | 0.2500 $\pm$ 0.5                             | <b>e</b>     |

<sup>1</sup>Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $P\leq 0.05$ )

Para machos hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variable individuos ( $F=22.93$ ; g.l.=36, 6;  $P\leq 0.0001$ ). El tratamiento con 10 machos fue el que atrajo mayor número de machos, seguido por los tratamientos de la combinación de sexos 5 machos mas 5 hembras, 10 hembras y el nopal dañado por picudo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Atracción de machos de *Metamasius spinolae* a feromonas naturales y comerciales (media  $\pm$  desviación estándar). Machos (M), hembras (H), nopal (N).

| No. | Tratamiento         | Media $\pm$ Desviación estándar <sup>1</sup> |            |
|-----|---------------------|----------------------------------------------|------------|
| 1   | 10 M                | 7.5000 $\pm$ 0.5763                          | <b>a</b>   |
| 3   | 5 M + 5 H           | 4.7500 $\pm$ 0.9574                          | <b>b</b>   |
| 2   | 10 H                | 4.2500 $\pm$ 0.5                             | <b>b</b>   |
| 5   | N dañado por picudo | 3.5000 $\pm$ 1.2909                          | <b>c b</b> |
| 6   | Ryncolure®          | 2.0000 $\pm$ 0                               | <b>c d</b> |
| 7   | Metalure®           | 2.0000 $\pm$ 0                               | <b>c d</b> |
| 4   | N                   | 1.5000 $\pm$ 1                               | <b>d</b>   |

<sup>1</sup>Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ )

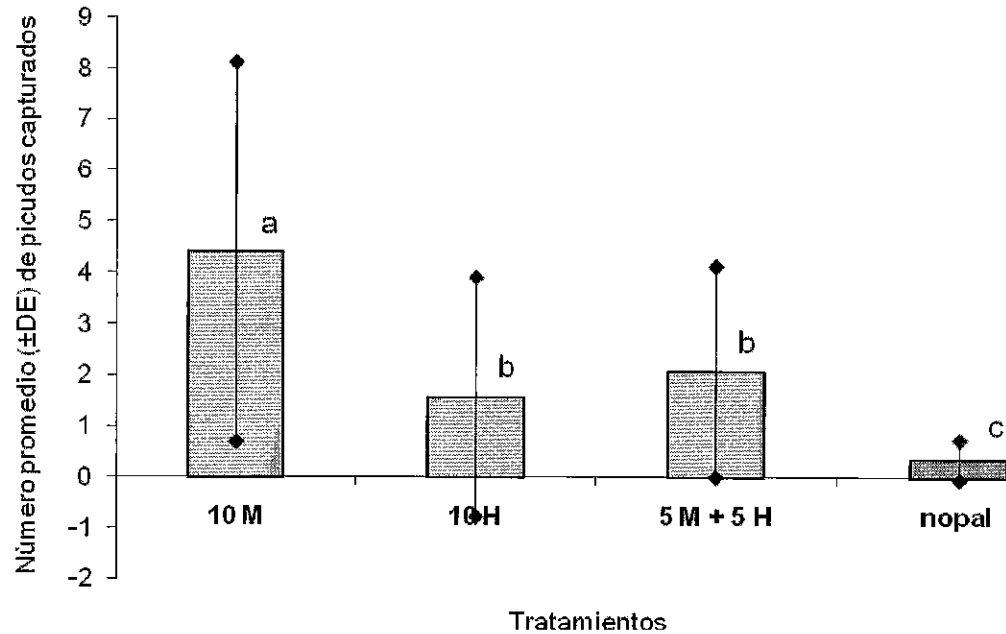
#### 4.2 Comparaciones entre tratamientos de feromonas naturales

Para la comparación de los tratamientos 10 machos contra 10 hembras, no se encontraron diferencias significativas para hembras receptoras ( $t=1.96$ , g.l.=1,  $P=0.097$ ) ni para machos receptores ( $t=1.90$ , g.l.=1,  $P=0.106$ ).

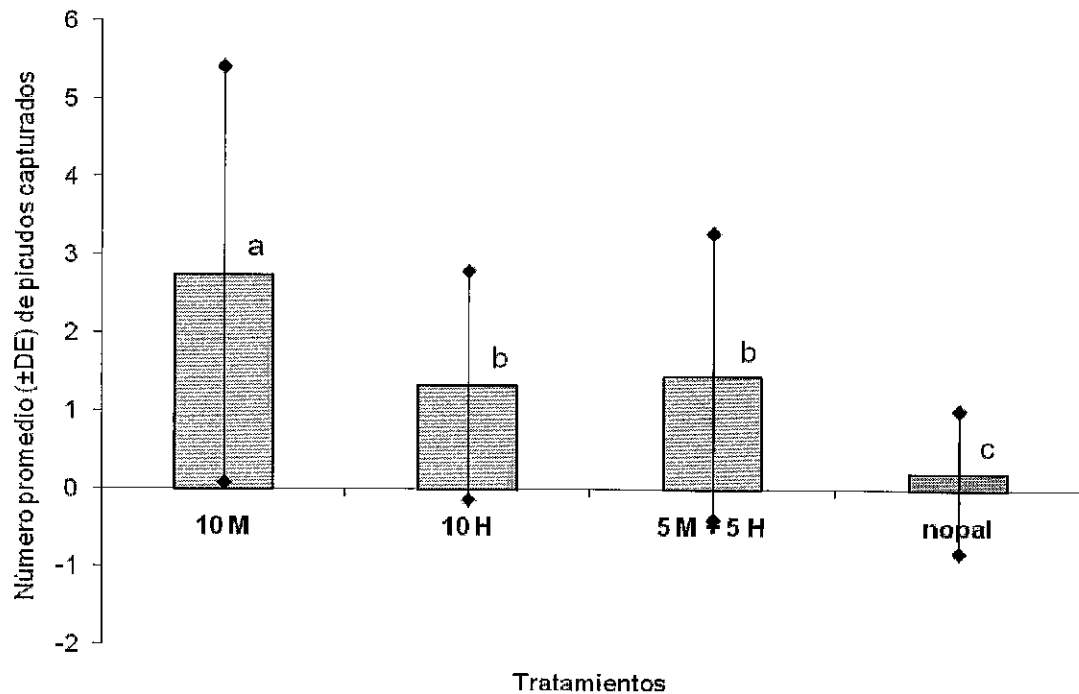
Para la comparación entre 10 machos y la combinación 5 machos más 5 hembras no se encontraron diferencias significativas para hembras ( $t=0.65$ , g.l.=1,  $P=0.5370$ ) pero si hubo diferencias significativas para machos receptores ( $t=3$ ; g.l.=1;  $P=0.0240$ ). El tratamiento con machos fue el que atrajo más machos.

#### 4.3 Experimentos en campo con trampas tipo “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales (insectos)

En ambos experimentos, lote comercial ( $F=4.05$ , g.l.=105, 3,  $P=0.09$ ) y lote abandonado ( $F=24.35$ ; g.l.=105, 3;  $P\leq 0.0001$ ), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Los machos (T1) atrajeron un mayor número de insectos (Fig. 5 y 6). Estos resultados coinciden con los obtenidos en laboratorio. El nopal sólo no mostró evidencia de atracción a los insectos. Por otro lado, los tratamientos 10 hembras y la combinación 5 machos y 5 hembras se comportaron de manera similar entre ellos y atrajeron a insectos pero en menor cantidad que el tratamiento con machos. El lote abandonado fue donde se capturaron mayor número de picudos (Figura 5).



**Figura 5.** Número de adultos de *Metamasius spinolae* capturados en trampas tipo “pit-fall” por semana en el lote abandonado. Tlalnepantla, Morelos. Machos (M), hembras (H). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $P\leq 0.05$ ).



**Figura 6.** Número de adultos *Metamasius spinolae* capturados en trampas tipo “pit-fall” por semana en el lote comercial. Tlalnepantla, Morelos. Machos (M), hembras (H). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

#### 4.4 Experimento en campo con trampas tipo “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales y comerciales

En el experimento en campo comparando feromonas naturales y comerciales se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F=10.10$ , g.l.=73, 3,  $P \leq 0.0001$ ). El tratamiento con insectos (10 machos) fue el que mayor número de picudos atrajo. Los tratamientos con feromonas, acetato de etilo y nopal no mostraron evidencia de atracción hacia los insectos (Cuadro 6).

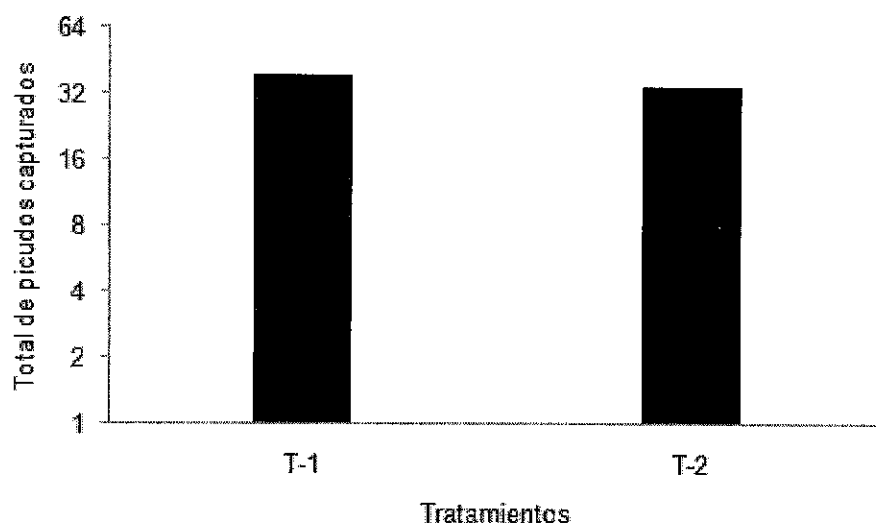
**Cuadro 6.** Atracción de adultos de *Metamasius spinolae* a feromonas naturales y comerciales (Media  $\pm$  desviación estándar) en trampas tipo pit-fall, en cinco semanas de trampeo.

| No | Tratamiento      | Media $\pm$ desviación estándar <sup>1</sup> |
|----|------------------|----------------------------------------------|
| 4  | 10 machos        | 1.35 $\pm$ 1.71 <b>a</b>                     |
| 3  | Acetato de etilo | 0.15 $\pm$ 0.36 <b>b</b>                     |
| 5  | Nopal            | 0.10 $\pm$ 0.30 <b>b</b>                     |
| 1  | Metalure®        | 0.05 $\pm$ 0.23 <b>b</b>                     |

<sup>1</sup>Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ )

#### 4.5 Experimento en campo para evaluar las trampas “pit-fall” en dos posiciones

El número de insectos capturados en las trampas en diferente posición en campo fue muy similar y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $t=0.34$ ; g.l.=1;  $P=0.738$ ) (Figura 7).



**Figura 7.** Número total de picudos capturados en trampas tipo “pit-fall” en cinco semanas de trampeo en lote sin manejo. Tlalnepantla, Morelos. Trampas enterradas (T-1), trampas sin enterrar (T-2).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Olfatómetro para evaluar atracción de feromonas naturales y comerciales

Con los resultados del olfatómetro se determinó que los machos son la mejor fuente de feromonas naturales de agregación puesto que fueron la mejor fuente de atracción para ambos sexos. Estos resultados coinciden con lo indicado por Tafoya (2003) pero difieren de los reportados por Cibrián *et al.* (2006). En un ensayo de campo, Cibrián *et al.* (2006) indicaron que el tratamiento más eficiente para capturar insectos fue la combinación de machos y hembras.

Los resultados obtenidos bajo condiciones controladas en el olfatómetro permiten inferir que la feromona producida por los machos del picudo del nopal es de agregación ya que atrae a ambos sexos. Casos similares ocurren con otras plagas como el picudo de la caña de azúcar *Metamasius hemipterus* L., el picudo del banano, *Cosmopolites sordidus* (Germar) y el picudo de la palma de coco, *Rhynchophorus palmarum* L., donde los machos son los que producen la feromona de agregación (Budenberg *et al.*, 1993; Weissling *et al.*, 1993; Pérez *et al.*, 1997). Al mismo tiempo, se corroboró que las hembras también producen algún tipo de feromonas, porque también ejercieron poder de atracción cuando se probaron solas o en combinación con los machos. Estos resultados coinciden con los reportados por Tafoya (2003). No obstante, este autor indica la posibilidad de que las feromonas producidas por las hembras sean del tipo sexual. Por el diseño del experimento en este trabajo se comprobó que el número de machos que respondieron a las feromonas producidas por 10 hembras no fue diferente al número de hembras que respondieron a su mismo

sexo. Con estos resultados, y bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo, es poco probable que las feromonas provenientes de hembras se deban considerar del tipo sexual. Cibrián *et al.* (2006) indicaron que las hembras del picudo del nopal fueron capaces de producir feromonas de agregación. Este hecho coincide con la información que se obtuvo del picudo del nopal bajo condiciones controladas en el olfatómetro en el presente trabajo. En otras especies de picudos, por ejemplo el picudo del algodón, se ha establecido plenamente que el macho produce feromonas de agregación pero la hembra también las produce. No obstante, las feromonas de agregación de las hembras son de menor alcance (Hedin *et al.*, 1979).

El tratamiento que combinó la presencia de 5 machos y 5 hembras también mostró capacidad de atracción de insectos de ambos sexos. Este tratamiento atrajo un número similar de insectos que los tratamientos formados por 10 hembras, o por nopal dañado por picudos, pero el número de insectos atraídos fue menor al tratamiento de 10 machos. Los volátiles específicos del nopal sin daño por la alimentación de los picudos no atrajeron a insectos adultos. Sin embargo, el nopal donde se habían alimentado picudos (= nopal dañado por picudo) mostró un nivel de atracción a ambos sexos, atracción similar a la producida por 10 hembras o por la combinación de 5 hembras y 5 machos, esto pudo deberse a la liberación de volátiles producidos por la actividad alimentaria a que se había sometido el nopal. La atracción sinergista entre la feromona del insecto y volátiles del hospedero ha sido reportada en más de una ocasión en los curculiónidos (Weissling *et al.*, 1993; Roach *et al.*, 2000). También se ha indicado que la liberación de feromonas de agregación por curculiónidos ocurre

con más frecuencia cuando se alimentan (Bartelt, 1999). En condiciones naturales, estos compuestos de agregación de machos podrían señalar a los demás insectos potenciales fuentes de alimento (Landolt, 1997).

Ninguna de las feromonas comerciales utilizadas, Metalure®, Ryncolure®, o el compuesto acetato de etilo atrajeron a los insectos por lo que este tipo de compuestos no debería seguirse explorando para la captura del picudo del nopal.

## **5.2 Comparación entre tratamientos de feromonas naturales**

Al realizar las comparaciones de atracción entre feromonas naturales (machos vs hembras, y machos vs combinación de machos más hembras) sólo se encontró diferencias de atracción para machos en la comparación machos vs combinación de machos y hembras.

El que no se haya encontrado diferencias de atracción en la comparación de los tratamientos 10 machos vs 10 hembras pudo ser debida a la forma en que se diseñó esta comparación. Dicho de otra manera, es muy probable que la feromona de agregación que producían 10 hembras fuera difícil de diferenciar por los insectos receptores de la que producían 10 machos en las condiciones del olfatómetro. En futuros ensayos quizá disminuyendo el número de insectos (5 machos vs 5 hembras o 1 macho vs 1 hembra) sea posible encontrar diferencias en alcance de las feromonas producidas por cada sexo, como fue establecido para el picudo del algodonero (Hedin *et al.*, 1979). Es interesante comentar que en el caso de la comparación 10 machos vs 5 machos y 5 hembras, los machos fueron atraídos más que las hembras al tratamiento de 10

machos. Esto indica que los machos aparentemente son más sensibles a la percepción de la feromona de agregación. Algunos autores (Tafoya, 2003) han encontrado que la sensibilidad de los machos a detectar más fácilmente las feromonas de agregación pudiera estar relacionado a la probabilidad de encontrar más rápido pareja y asegurar su descendencia.

### **5.3 Experimentos en campo con trampas “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales (insectos)**

Los resultados obtenidos en campo en ambos lotes, lote comercial y lote abandonado, indicaron que el tratamiento con 10 machos fue el que mayor número de picudos capturó. Con estos resultados de campo se corrobora que la mejor fuente de feromonas de agregación y atracción son los machos. Resultados similares fueron reportados por Tafoya (2003) pero difieren a los señalados por Cibrián *et al.* (2006). Debido a que el picudo del nopal muestra escasa movilidad y muy probablemente algunos lugares de agregación dentro de los campos de cultivo, los experimentos totalmente al azar en campo, pudieran sesgar la información (COLPOS, 2005; Gustavo Mora, CP, comunicación personal). El presente experimento se realizó como bloques completos al azar, y los bloques fueron hileras de cultivos donde probablemente se manifestaba la misma fuente de infestación del picudo, o bloques que estaban cercanos a lotes abandonados que pudieran ser reservorios de insectos.

En el lote abandonado se capturó mayor número de insectos, esto se debió a que no se realizó ningún tipo de control para esta plaga. Por el contrario, en el

lote comercial las capturas fueron menores porque se realizaron aplicaciones de insecticidas que afectaron incluso a los insectos confinados en las trampas, y que fue necesario sustituir. Es importante indicar que aún cuando los picudos no se detectaron visualmente sobre las pencas en el lote comercial (se realizaron al menos 5 inspecciones visuales, una por semana, en un grupo de 50 plantas dentro del lote) se obtuvieron capturas de picudos cada semana, lo que indica potencial del trampeo con feromonas del picudo del nopal. Quizá estos resultados estimulen a continuar trabajos de campo, especialmente a evaluar los compuestos que forman la feromona que se han identificado en el laboratorio en esta especie (Tafoya, 2003; Tafoya *et al.*, 2007). Desafortunadamente, estos compuestos no se encuentran comercialmente disponibles, por lo que se necesita un trabajo de aislamiento y síntesis.

En el lote comercial un bloque de trampas que se encontraba aledaño a un lote sin manejo, capturó mayor número de insectos. Es muy probable que esos picudos capturados provinieran del lote sin manejo que servía como reservorio para la plaga. Como se ha demostrado en varios cultivos, los insectos plaga que se desarrollan en lotes que no reciben atención se desplazan a los lotes comerciales y los bordes de las parcelas pueden ser el inicio de la infestación. En el caso de picudo de la palma, Osorio (2003) sugiere colocar trampas con feromonas alrededor de la parcela para evitar infestaciones o monitorear la entrada para así poder planear una estrategia de manejo, también indica que es conveniente eliminar los lotes sin atención, al igual que las malezas que se encuentren alrededor ya que son sitios de refugio para los insectos problema.

#### **5.4 Experimento en campo con trampas tipo “pit-fall” para evaluar la atracción de feromonas naturales y comerciales**

Los resultados del experimento de campo con feromonas naturales y comerciales corroboró que el tratamiento con 10 machos fue el más efectivo para capturar insectos, aún cuando el nivel de infestación fue muy bajo en el lote comercial. Ninguno de los compuestos sintéticos (Metalure®, Acetato de etilo) fue fuente significativa de atracción. Incluso, el Ryncolure® se excluyó de los análisis porque no capturó picudos del nopal. Las trampas con Ryncolure® capturaron algunos picudos muy probablemente del género *Rhynchophorus* sp. Estos resultados coinciden con los obtenidos en laboratorio. A pesar que las feromonas comerciales que se evaluaron en campo (Metalure® y Ryncolure®) comparten su componente mayoritario con al menos un componente de la feromona de agregación de *M. spinolae*, no se registró atracción. Es obvio que la presencia de un solo componente de la feromona del picudo del nopal no asegura su atracción porque es muy común que las feromonas estén formadas por una mezcla de compuestos que en conjunto provocan la atracción (Giblin-Davis *et al.*, 1996). En el caso del picudo del nopal Tafoya *et al.* (2007) encontraron en laboratorio y campo que para que haya atracción se deben de combinar al menos dos o tres componentes que conforman la feromona de *M. spinolae*, compuestos que aún no están disponibles comercialmente.

El acetato de etilo para otras plagas funciona como un aditivo mezclado con la feromona de agregación de algunas especies y atrayentes alimenticios, tal como sucede con *M. hemipterus*; en experimentos realizados en campo resultó que al mezclar su feromona de agregación, acetato de etilo y caña de azúcar el

número de capturas se incrementó (Giblin-Davis *et al.*, 1996), o como se ha indicado en el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus*, cuando el acetato se mezcló con algunos componentes de su feromona (García, CP, comunicación personal). El acetato de etilo usado individualmente no funcionó para atraer a los picudos del nopal. En futuros ensayos resultará conveniente probar las mezclas de las feromonas o atrayentes alimenticios con este producto para el picudo del nopal porque otros insectos de la familia Curculionidae han respondido a estas mezclas (Cerdeña *et al.*, 1999).

### **5.5 Experimento en campo para evaluar las trampas “pit-fall” en dos posiciones**

Esta evaluación se realizó en un lote sin manejo cultural y los resultados de los dos tratamientos, trampas enterradas o trampas al ras del suelo, no indicaron diferencias entre el número de picudos capturados. Desafortunadamente, estos resultados no se pueden extrapolar a los lotes comerciales porque las plantas de nopal y la presencia de maleza eran diferentes. En el lote sin manejo las plantas estaban avejentadas, de más de 1.5 m de altura, y no había producción de cladodios inmaduros (nopalitos) donde los picudos, parece, prefieren alimentarse. Además, la maleza creció a más de 2.0 m y probablemente interfirió con el desplazamiento normal de los picudos. En futuras evaluaciones sería muy conveniente evaluar estas dos posiciones de trampas en un lote con manejo cultural. En otras plagas como el picudo de la caña de azúcar, se han realizado ensayos para determinar la posición de trampas que capturen mayor

número de insectos, para el picudo de la caña de azúcar se encontró que las trampas se deben colocar a 1 m de altura (Cerde *et al.*, 1999).

Para este tipo de experimentos es importante conocer los hábitos y la capacidad de movilidad del insecto. En el caso del picudo del nopal, se sabe que los adultos son buenos caminadores y se desplazan distancias considerables, además, se observó en campo que tienen la capacidad de vuelo al menos en distancias cortas dentro de mismo lote de cultivo. Observaciones más detalladas de biología en esta especie contribuirán a mejorar la posición y diseño de las trampas que usen feromonas como fuente de atracción.

## **VI. CONCLUSIONES**

Los machos tuvieron una capacidad de atracción mayor que las hembras y la combinación machos más hembras, tanto en laboratorio como en campo, por lo tanto, se puede indicar que los machos producen mayor cantidad de feromona de agregación.

Los volátiles del nopal solo no mostraron evidencia de atracción a picudos; sin embargo, el nopal donde se habían alimentado estos insectos atrajo, en menor número que machos como fuente de atracción, a machos y hembras.

El acetato de etilo y las feromonas comerciales Metalure® y Ryncolure® no mostraron evidencia de atracción a adultos del picudo del nopal.

En cuanto a la posición de trampas sería muy conveniente evaluarlas en un lote en producción, ya que este experimento se realizó en un lote sin manejo cultural y esto quizá interfirió con la captura de insectos. Las dos posiciones tuvieron similar número de capturas.

El trampeo de insectos utilizando el mejor tratamiento (machos), podría explorarse en un sistema de manejo integrado proporcionando un mantenimiento adecuado de las trampas.

## VII. LITERATURA CITADA

Alpizar D., M. Fallas, A. C. Oehlschlager, L. M. González and S. Jayaraman. 1999. Weevil aggregation pheromones for mass trapping banana weevil, p. 100. In: Abstracts of the XIV International Plant Protection Congress Jerusalem, Israel.

Alpizar, D., M. Fallas, A. C. Oehlschlager, L. M. Gonzalez, C. M. Chinchilla and J. Bulgarelli. 2002. Pheromone mass trapping of the west indian sugarcane weevil and the american palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) in palmito palm. *Florida Entomologist* 85: 426-430.

Badii, M. H., and A. E. Flores. 2001. Prickly pear pest and their control in Mexico. *Florida Entomologist*. 84: 503-505.

Bakke, A. and R. Lie. 1989. Mass trapping. pp 67-87. In: Justum, A. R. and R. F. S. Gordon (Eds.), *Insect Pheromones in plant protection*. Chichester: John Wiley and Son.

Bartelt, J. R. 1999. Weevils. pp: 91-112. In: *Pheromones of non-lepidopteran insects associated with Agricultural Plants*. Hardie, J., and A. K. Minks (eds). CABI Publishing, Wallingford, UK..

Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. 2<sup>da</sup> edición, Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D. F.

Budenberg, W. J., I. O. Ndiege, and F. W. Karago. 1993. Evidence for volatile male-produced pheromone in banana weevil *Cosmopolites sordidus*. 1993. *Journal of Chemical Ecology*. 19:1905-1916.

Burkholder, W. E. 1982. Reproductive biology and communication among grain storage and warehouse beetles. *Journal of the Georgia Entomological Society*. 17:1-10.

Camino, L. M. 1992. Pruebas de atrayentes naturales para la captura de *Rhyncophorus palmarum* (L.) con tres tipos de trampas en plantaciones de palma de coco en Cárdenas, Tabasco, México. CSAT. H. Cárdenas, Tabasco.

Cardi, 2000. The Pink Mealybug. Protocols for the protection of agricultural production and Trade. The Systems, Approach (SA). Wageningen, the Netherlands. 198 p.

Cerda, H., G. Fernandez, A. López, and J. Varga. 1999. Olfactory attraction of the sugar cane weevil (Coleoptera: Curculionidae) to host plant odors, and its aggregation pheromone. *Acta Científica Venezolana*. 81:103-112.

Cibrián, J., J. L. Carrillo-Sánchez, y M. Márquez-Santos. 2006. Evidencia de feromonas producidas por hembras del picudo del nopal *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae). *Agrociencia* 40:765-772.

COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2005. Diagnóstico Fitosanitario del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) en Tlalnepantla, Morelos. 85 p.

De León Y., L. E. 1983. Las feromonas en los insectos. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. 28 pp.

Díaz, N. V., M. G. Sánchez, y N. E. Gillette. 2006. Respuesta de *Dendroctonus mexicanus* (Hopkins) a dos isómeros ópticos de verbenona. Pagina de internet. <http://www.colpo.mx/agrocien/Bimestral/2006/may-jun/art-7.pdf>. Consultado el 15 de octubre 2007.

Dickens, J. C. and G. Wiygul. 1987. Conspecific effects on pheromone production by the boll weevil *Anthonomus grandis* Both. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Applied Entomology*. 104:318-326.

Flores, C. A. 1994. Producción, industrialización y comercialización del nopal verdura en México. Reporte de investigación 18, CIESTAAM, UACH. 17 p.

Flores, C. A. 2001. Producción, industrialización y comercialización de nopalitos. Reporte de investigación 58, CIESTAAM, UACH. 28 p.

Flint, H. M. and Doane, C. C. 1996. Comprensión de los semioquímicos con énfasis en feromonas sexuales de los insectos en programas de manejo integrado de plagas. Universidad de Minnesota. Pagina de internet. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/flintSp.htm>. consultada el 20 de noviembre 2007.

Gallegos V., C., y S. de J. Méndez G. 2000. La Tuna, criterios y técnicas para su producción comercial. Coedición Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados-Fundación Produce Zacatecas, A. C. 164 p.

García B, A. 2000. Principales plagas insectiles del nopal tunero en el Estado de México. Tesis profesional. Parasitología Agrícola. UACH 65 p.

Giblin-Davis, R. M., J. E. Peña, A. C. Oehlschlager and A. L. Perez. 1996. Optimization of semiochemical trapping of *Metamasius hemipterus sericeus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*. 22:1389-1410.

Hardee, D.D., G. H. McKibben, D. R. Rummel, P. M. Huddleston and J. R. Coppedge. 1974. Response of boll weevils to components ratios and doses of the grandlure. *Environmental of Entomology*. 3:135-136.

Hedin, P. A., R. C. Gueldner, R. D. Henson, and A. C. Thompson. 1974. Volatile constituents of male and female boll weevils and their frass. *Journal of Insect Physiology*. 20:2135-2142.

Hedin, P. A., C. S. Rollins, A. C. Thompson, and R. C. Gueldner. 1975. Pheromone production of male boll weevils treated with chemosterilants. *Journal of Economic Entomology*. 68:587-591.

Hedin, P. A., G. H. McKibben, E. B. Mitchell, and W. L. Johnson. 1979. Identification and field evaluation of the compounds comprising the sex pheromone of the female boll weevil. *Journal of Chemical Ecology*. 5:617-627.

Hendry, L. B. 1976. Insect Pheromones: diet related. *Science* 192:143-145.

Hernández G, L. 1993. Plagas y enfermedades del nopal en México. Reporte de investigación 11, CIESTAM, UACH. 52 p.

Hughes, P. R. 1975. Pheromones of *Dendroctonus*: Origin of  $\alpha$ -pinene oxidation products present in emergent adults. *Journal of Insect Physiology*. 21:687-691.

Howse, P. E. 1998. Pheromone and behavior. pp. 1-130. In: Howse, P. E., I. Stevens y O. Jones (Eds.), *Insect pheromones and their use in pest management*. Chapman and Hall, New York.

Howse, P. E., I. D. R Stevens, and O. T. Jones. 1998. *Insect pheromone and their use in the pest management*. Chapman and Hall, London.

Jaffé, K., P. Sanchez, H. Cerdá, N. Urdaneta, J. V. Hernández, G. Guerra, R. Jaffé, R. Martínez, and B. Miras. 1993. Chemical ecology of the palm weevil *Rhyncophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): attraction to host plants and to a male produced aggregation pheromone. *Journal of Chemical Ecology*. 19:1703-1720.

Keller, J. C., E. B. Mitchell, G. McKibben and T. B. Davich. 1964. A sex attractant for female boll weevils from males. *Journal of Economic Entomology*. 57:609-610.

Landolt, P. J. 1997. Sex attractant and aggregation pheromones of male phytophagous insects. *Am. Entomologist*. 43:12-21.

McKibben, G. H., W. L. McGovern, W. H. Cross, and O. H. Linding. 1976. Search for a super laboratory strain of boll weevils: a rapid method for analysis of frass. *Environmental Entomology*. 5:81-82.

Méndez G, S. de J. 1994. Principales plagas del nopal. pp. 49-57 In: Aportaciones técnicas y experiencias de la producción de tuna en Zacatecas, Memorias. Morelos, zac.

Moura, J., E. Vilela, R. Sgrillo, M. Aguilar, and M. Resende. 1989. A behavioral olfactory study of *Rhyncophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in the field. *Annals of the Entomology Society*. 18: 267-274.

Muñiz, V. R. 1998. *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal), 1938, picudo del nopal (Coleoptera: Curculionidae: Ryncophorinae). *Dugesiana*. 5:42-43.

Oehlschlager, C. O., D. Alpizar, M. Fallas, L. M. Gonzalez, and S. Jayaraman. 2000. Pheromone-based mass trapping of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* and the west Indian sugarcane weevil, *Metamasius hemipterus*, in banana and plantain, p. 115. In abstracts of the XXI International Congress of Entomology, Iguassu Falls, Brazil, 20-26 August. ICE. Brazil.

Osorio, O. R. 2003. Estrategias para el manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. y la enfermedad del anillo rojo en Tabasco. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 87 p.

Pérez, A. L., Y. Campos, C. M. Chinchilla, A. C. Oehlschlager, G. Gries, R. M. Jilin-Davis, G. Castillo, J. E. Peña, R. E. Duncan, L. M. Gonzalez, H. D. Pierce Jr., R. McDonald, and R. Andrade. 1997. Aggregation pheromone and host kairomones of west Indian sugarcane weevil, *Metamasius hemipterus sericeus*. *Journal of Chemical Ecology*. 23:869-888.

Primo Y., E. 1991. Ecología química: Nuevos métodos de lucha contra insectos. Ediciones Mundi- Prensa. España. 191 pp.

Rochat, D., A. V. Gonzalez, D. Mariau, A. G. Villanueva, and P. Zagatti. 1991. Evidence for male-produced aggregation pheromone in american weevils, *Rhyncophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) *Journal of Chemical Ecology*. 17:1221-1230.

Rochat, D., P. N-Le. Meillour, J. R. Esteban-Duran, C. Malosse, B. Perthuis, J-P. Morin, and C. Descoins. 2000. Identification of pheromone synergists in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* and attraction of related *Dynamis borasi*. *Journal of Chemical Ecology*. 26:155-187.

Roelofs, W. L. 1981. Attractive and aggregating pheromones, pp. 215-250. In: A.D. Nordlund, R. L. Jones y W. J. Lewis (Eds.). Semiochemical, their Role in pest control. John Wiley and sons, New York.

Rubio H., A. 1997. Apuntes sobre las fiestas de mi pueblo. Tlalnepantla, Morelos. Dirección General de Culturas Populares. Unidad Regional Morelos, México. 121 p.

Rudinsky, J. A. and L. C. Ryker. 1977. Olfactory and auditory signals mediating behavioral patterns of bark beetles. Coll. Int. C. N. R. S. 265:195-207.

Ridway, R. L., M. N. Inscoe, and W. A. Dickerson. 1990. Roll of the boll weevil pheromone in the pest management. Pp. 437-471. In: Rydway, R. L., Silverstein, R. M. y Inscoe, M. N. (Eds.), Behavior-Modifying Chemicals for insect Management. Marcel Dekker, New York.

SAGAR, 1998. La producción de nopal (tuna y verdura) en México. Dirección General de Agricultura. SAGAR. México.

SAS Institute, 2002. The SAS System for Windows. v.9.0. Inc., Cary, NC, USA.

SIACON, 2005. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.

Sower, L. L., H. H. Shorey, and L. K. Gaston. 1970. Sex pheromones of noctuid moths. XXI. Light: Dark cycle regulation and light inhibition of sex pheromone release by females of *Trichoplusia ni*. *Annals of the Entomology society*. 63: 1090-1092.

Tafoya, R. F. 2003. Aislamiento e identificación de la feromona de agregación del picudo del nopal *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae). Tesis doctoral. Montecillo Texcoco, Edo. de México. 56 P.

Tafoya, F., J. López-Collado, D. Stanley, J. C. Rojas, and J. Cibrián-Tovar. 2007. Evidence of aggregation pheromone en males of *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*. 32: 484-487.

Vanderwel, D. and A. C. Oehlschlager, 1987. Biosynthesis of pheromones and endocrine regulation of pheromone production in coleóptera, pp 175-215. In: Prestwitch, G. D. y G. J. Blomquist (Eds.), Pheromone Biochemistry. Academic Press, Orlando.

Weissling, T. J., R. M. Giblin-Davis, and R. H. Scheffrahn. 1993. Laboratory and field evidence for male-produced aggregation pheromone in *Rhynchophorus cruentatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*. 19: 1195-1203.