

VALIDACIÓN DE DOS COMPUESTOS FEROMONALES PARA EL MONITOREO DE LA COCHINILLA ROSADA DEL HIBISCO EN MÉXICO

VALIDATION OF TWO PHEROMONAL COMPOUNDS FOR MONITORING PINK HIBISCUS MEALYBUG IN MEXICO

Ernesto González-Gaona¹, Guillermo Sánchez-Martínez^{1*}, Aijun Zhang²,
Julio Lozano-Gutiérrez³, Felipe Carmona-Sosa³

¹Campo Experimental Pabellón, INIFAP. 20660. km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes (eggaona@yahoo.com.mx) (sanchezm.guillermo@inifap.gob.mx). ²USDA. ARS Plant Science Institute. Chemicals Affecting Insect Behavior Laboratory. 10300. Beltsville, MD, USA. ³Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Agronomía. 98179. km 15.5 Carretera Zacatecas-Guadalajara, Zacatecas, México.

RESUMEN

En 2004 se detectó una infestación de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* [Green]), en el Valle de Banderas, municipios de Bahía de Banderas, Nayarit y Puerto Vallarta, Jalisco, México, afectando árboles frutales, plantas nativas y ornamentales. Este insecto plaga es de origen asiático-australiano y tiene importancia económica en varios países. El método más utilizado para detectar a *M. hirsutus* en nuevas localidades consiste en la inspección ocular de las plantas; sin embargo, con este método la detección ocurre hasta que la infestación es muy evidente. Un método alternativo para esta tarea puede ser el uso de la feromona atrayente de machos de *M. hirsutus*, compuesta por ésteres de lavandulil y maconellil. En el presente estudio se evaluó el efecto atrayente de la feromona de *M. hirsutus* en Valle de Banderas, en una plantación de teca (*Tectona grandis* L.), en un rodal natural de parota (*Enterolobium cyclocarpum* [Jacq.] Griseb.), en una huerta de mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) y en una huerta de guanábana (*Anona muricata* L.). Además, la feromona se usó para determinar la dispersión geográfica de la plaga desde el lugar donde se detectó por primera vez. Se encontró que la mezcla de lavandulil y maconellil en proporción 1:5 atrajo significativamente a machos de *M. hirsutus* y resultó muy específica. Con el uso de esta feromona pudo mapearse la distribución de esta especie a una escala regional.

Palabras clave: *Anona muricata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Maconellicoccus hirsutus*, *Mangifera indica*, *Tectona grandis*, monitoreo de plagas exóticas.

ABSTRACT

In 2004 an infestation of pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus* [Green]) was detected in Valle de Banderas, Nayarit and Puerto Vallarta, Jalisco, México, affecting fruit trees, native and ornamental plants. This insect pest is of Asian-Australian origin and has economic importance in several countries. The method most often used to detect *M. hirsutus* in new localities consists of the ocular inspection of the plants; however, with this method detection occurs when the infestation is very evident. An alternative method for this task can be the use of the male attracting pheromone of *M. hirsutus*, composed of esters of lavandulyl and maconellyl. In the present study an evaluation was made of the attraction effect of the pheromone of *M. hirsutus* in Valle de Banderas, in a teak (*Tectona grandis* L.) plantation, in a natural guanacaste stand (*Enterolobium cyclocarpum* [Jacq.] Griseb.), in a mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) and in a soursop orchard (*Anona muricata* L.). Furthermore, the pheromone was used to determine the geographic dispersal of the pest from the place where it was first detected. It was found that the mixture of lavandulyl and maconellyl in a 1:5 ratio significantly attracted males of *M. hirsutus* and was very specific. With the use of this pheromone it was possible to map the distribution of this species on a regional scale.

Key words: *Anona muricata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Maconellicoccus hirsutus*, *Mangifera indica*, *Tectona grandis*, monitoring of exotic pests.

INTRODUCTION

The pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus* [Green]) is an insect pest of Asian-Australian origin (Goolsby *et al.*, 2002)

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: Septiembre, 2008. Aprobado: Julio, 2009.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 65-73. 2010.

INTRODUCCIÓN

La cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* [Green]), es un insecto plaga de origen asiático-australiano (Goolsby *et al.*, 2002) que afecta a más de 200 géneros de plantas (Meyerdirk *et al.*, 2003). A mediados de la década de 1990 invadió las islas del Caribe y entre 1999 a 2000 se detectó en Belice, México (Mexicali), EE.UU. (California y Florida) y Venezuela (Cermeli *et al.*, 2002; Ojeda, 2004a).

Una nueva detección de *M. hirsutus* en México ocurrió en 2004 en el Valle de Banderas en los municipios de Bahía de Banderas, Nayarit y Puerto Vallarta (SAGARPA, 2004). Desde su detección en México se han establecido dispositivos nacionales de emergencia (Diario Oficial de la Federación, 2000, 2007) y particularmente en Valle de Banderas se implementó una campaña emergente de control que incluye el monitoreo y control cultural, físico, químico, biológico y legal (SAGARPA, 2004; Diario Oficial de la Federación, 2007).

El daño ocasionado por *M. hirsutus* consiste en la deformación de las hojas, yemas, brotes y frutos de las plantas infestadas. Mientras el insecto se alimenta, excreta una mielecilla sobre la que se desarrolla fumagina, deteriorando la calidad del producto agrícola o forestal. El insecto invade tallos, ramas, hojas, brotes, frutos y aún raíces. Si el hospedero atacado es débil puede marchitarse y llega a morir en casos de defoliación persistente (Ojeda, 2004a; APHIS, 1997).

El método más usado para determinar la presencia de *M. hirsutus* consiste en la inspección ocular y toma de muestras vegetales de los hospederos potenciales (Ojeda, 2004b; Meyerdirk *et al.*, 2003) seguida por la determinación taxonómica de los individuos recolectados (Hodges, 2005; Hodges y Hodges, 2005). Sin embargo, con la inspección ocular la captura de los primeros especímenes ocurre cuando la presencia del insecto ya es muy evidente. Otro método consiste en utilizar trampas cebadas con hembras vírgenes que sirven como señuelos atrayentes de machos (Serrano *et al.*, 2001; Meyerdirk *et al.*, 2003), pero es impráctico por la dificultad de obtener este tipo de hembras, por su corto periodo de vida, por el riesgo de aumentar accidentalmente las poblaciones de la plaga y por no ser aplicable en zonas libres de la plaga colindantes con las zonas infestadas.

which affects more than 200 genera of plants (Meyerdirk *et al.*, 2003). In the mid 1990's it invaded the islands of the Caribbean and between 1999 and 2000 it was detected in Belice, México (Mexicali), USA (California and Florida) and Venezuela (Cermeli *et al.*, 2002; Ojeda, 2004a).

A new detection of *M. hirsutus* in México occurred in 2004 in Valle de Banderas in the municipalities of Bahía de Banderas, Nayarit and Puerto Vallarta (SAGARPA, 2004). Since its detection in México, national emergency measures have been established (Diario Oficial de la Federación, 2000, 2007) and particularly in Valle de Banderas an emergency control campaign was implemented which included cultural, physical, chemical, biological and legal control and monitoring (SAGARPA, 2004; Diario Oficial de la Federación, 2007).

The damage caused by *M. hirsutus* consists of the deformation of the leaves, buds, shoots and fruits of the infested plants. While the insect feeds, it excretes sugary honeydew on which sooty mold develops, deteriorating the quality of the agricultural or forest product. The insect invades stems, branches, leaves, shoots, fruits and even roots. If the host under attack is weak, it can wither and die in cases of persistent defoliation (Ojeda, 2004a; APHIS, 1997).

The method most often used to determine the presence of *M. hirsutus* consists of the ocular inspection and taking plant samples of potential hosts (Ojeda, 2004b; Meyerdirk *et al.*, 2002), followed by the taxonomic determination of collected individuals (Hodges, 2005; Hodges and Hodges, 2005). However, with ocular inspection the capture of the first specimens occurs when the presence of the insect is already very evident. Another method consists of using traps baited with virgin females that serve to attract males (Serrano *et al.*, 2002; Meyerdirk *et al.*, 2003), but it is impractical because of the difficulty of obtaining this type of females, their short life span, the risk of accidentally increasing the pest populations and because it is not applicable in pest free areas bordering on the infested zones.

Zhang *et al.* (2004a and b) identified, isolated and synthesized the female sexual pheromone of *M. hirsutus* which attracts the males of this species. This pheromone has two components (with its common names): (R) lavandulyl (S)-2-methylbutanoate and (R)-maconellyl (S)-2-methylbutanoate in a 1:5 ratio (Zhang *et al.*, 2004a; Zhang and Nie, 2005). In

Zhang *et al.* (2004a y b) identificaron, aislaron y sintetizaron la feromona sexual femenina de *M. hirsutus* que atrae a los machos de esta especie. Esta feromona tiene dos componentes (por sus nombres comunes): (R)-lavandulil (S)-2-metilbutanoato y (R)-maconellil (S)-2-metilbutanoato en proporción 1:5 (Zhang *et al.*, 2004a; Zhang y Nie, 2005). Además de ser una feromona muy específica, las pruebas del dispositivo de liberación (septo gris de caucho) sugieren un efecto atrayente en campo hasta de aproximadamente seis meses en dosis de 1 μg por septo o hasta 12 meses en dosis de 10 μg por septo (Zhang y Amalin, 2005). Pero Francis *et al.* (2007) encontraron que en dosis de 1 μg por septo la cantidad de feromona disminuye conforme el señuelo se avejenta, manteniendo el mismo efecto atrayente sólo durante las primeras siete semanas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto atrayente de la feromona de *M. hirsutus* (Zhang *et al.*, 2004a y b) en las condiciones locales de Valle de Banderas y probar su utilidad para monitorear la dispersión geográfica regional de este insecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación del efecto atrayente

Se evaluó la efectividad de la feromona sexual de hembras de *M. hirsutus*, compuesta por (R)-lavandulil (S)-2-metilbutanoato y (R)-maconellil (S)-2-metilbutanoato en proporción 1:5, en la atracción de machos de esta especie, dentro de la zona afectada de Valle de Banderas. Se estableció un experimento con un diseño de parcelas apareadas con dos tratamientos (feromona y testigo) y cuatro repeticiones representadas por cuatro tipos de vegetación: 1) rodal de parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), conformado por árboles de 20 m de altura, con una infestación de *M. hirsutus*, sin manejo agronómico, ubicado a 20° 47' 14" N y 105° 12' 19" O; 2) huerto comercial de mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) sin infestación aparente de *M. hirsutus*, con manejo agronómico y control de plagas, localizado a 20° 46' 20" N y 105° 16' 06" O; 3) plantación comercial de teca (*Tectona grandis* L.), con infestación de *M. hirsutus* y manejo integral por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), ubicada a 20° 45' 52" N y 105° 16' 21" O; 4) huerto de guanábana (*Anona muricata* L.), con infestación de *M. hirsutus*, ubicada a 20° 46' 05" N y 105° 19' 20" O.

El 15 de febrero de 2006, en cada tipo de vegetación se instalaron tres trampas delta Biolure® de color rojizo, cuya base interior contiene pegamento. La distancia entre trampas fue variable

además de ser una feromona muy específica, las pruebas del dispositivo de liberación (septo gris de caucho) sugieren un efecto atrayente en campo hasta de aproximadamente seis meses en dosis de 1 μg por septo o hasta 12 meses en dosis de 10 μg por septo (Zhang y Amalin, 2005). However, Francis *et al.* (2007) found that in doses of 1 μg per septum, the amount of pheromone decreases as the lure ages, maintaining the same attracting effect only during the first seven weeks. The objective of the present study was to evaluate the attraction effect of the pheromone of *M. hirsutus* (Zhang *et al.*, 2004a and b) under the local conditions of Valle de Banderas and to test its usefulness for monitoring the regional geographic dispersal of this insect.

MATERIALS AND METHODS

Evaluation of the attraction effect

An evaluation was made of the effectiveness of the female sexual pheromone of *M. hirsutus*, composed of (R)-lavandulyl (S)-2-methylbutanoate and (R)-maconellyl (S)-2-methylbutanoate in a 1:5 ratio, on the attraction of males of this species, within the affected zone of Valle de Banderas. An experiment was established with a paired plot design with two treatments (pheromone and control) and four replicates represented by four types of vegetation: 1) guanacaste stand (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) comprised of trees of 20 m height, with an infestation of *M. hirsutus*, without agronomic management, located at 20° 47' 14" N and 105° 12' 19" W; 2) commercial mango orchard (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) without apparent infestation of *M. hirsutus*, with agronomic management and pest control, located at 20° 46' 20" N and 105° 16' 06" W; 3) commercial teak plantation (*Tectona grandis* L.), with infestation of *M. hirsutus* and integral management by the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), located at 20° 45' 52" N and 105° 16' 21" W; 4) soursop orchard (*Anona muricata* L.), with infestation of *M. hirsutus*, located at 20° 46' 05" N and 105° 19' 20" W.

On February 15 of 2006, three red delta Biolure® traps containing a sticky substance on the interior base were installed in each type of vegetation. The distance between traps was variable, but always more than 20 m. In the two traps of the ends a gray rubber septum was placed impregnated with the pheromone (1 μg), whereas the central trap served as control without the pheromone. The pheromone releasing rubber septa were prepared in the Chemicals Affecting Insect Behavior Laboratory (USDA-ARS-Plant Science Institute, Beltsville, MD, USA).

pero siempre mayor a 20 m. En las dos trampas de los extremos se colocó un septo gris de caucho impregnada con la feromona (1 μg), mientras que la trampa central sirvió como testigo sin la feromona. Los septos de caucho liberadoras de la feromona fueron preparadas en el Laboratorio de Químicos que Modifican el Comportamiento de Insectos (USDA-ARS-Plant Science Institute, Betesville, MD, USA).

Las trampas se colgaron de los árboles a una altura de 1.5 a 3.0 m, usando ganchos de alambre acerado, excepto en la plantación de teca donde se colgaron de un alambre acerado sostenido entre dos árboles. El periodo de captura de insectos fue del 15 de febrero al 15 de agosto de 2006. Las trampas fueron reemplazadas cada dos semanas y los septos con feromona se cambiaron cada dos meses, siendo cautelosos respecto a la duración del efecto atrayente señalada por Zhang y Amalin (2005) y Francis *et al.* (2007).

El conteo de los machos capturados en las trampas se realizó con un microscopio estereoscópico marca Motic® en el laboratorio de Entomología y Control Biológico de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Para corroborar la taxonomía del insecto, de cada trampa se removió una muestra de 5 a 10 ejemplares mediante la adición de una gota de gasolina blanca seguida de un reposo de 5 min. Después los especímenes fueron sumergidos 24 h en una solución de KOH (1.0 g hojuelas en 100 mL agua) y se transfirieron a agua con safranina para su coloración y montaje en un portaobjetos con glicerina. Se usó un microscopio compuesto para su identificación, con base en las características morfológicas de la cápsula genital descritas por Hodges (2005).

El efecto de los tratamientos se determinó mediante una prueba de *t* apareada, utilizando como variable de respuesta la diferencia entre la suma del número de machos de *M. hirsutus* capturados en las trampas cebadas con feromona y la suma del número de machos de *M. hirsutus* capturados en las trampas testigo, en cada tipo de vegetación. Para el análisis estadístico se usó el programa JMP IN ver. 3.2.1 (SAS, 1996).

Determinación de la dispersión geográfica

En 2006 se establecieron cuatro rutas de muestreo para determinar la distribución geográfica de *M. hirsutus*: 1) Compostela-Puerto Vallarta; 2) Las Varas-San Blas-Santiago Ixcuintla; 3) Puerto Vallarta-El Tuito; 4) Puerto Vallarta-Las Palmas. Las rutas se determinaron usando como referencia el sistema carretero (Carreteras 80, 110, 200, 15, 3, 68, 28, y una sin número en el trayecto San Blas-Santiago Ixcuintla). Con el cartón encerado Tetrapack®, de envases de leche de 1 L, se fabricaron trampas tipo delta para capturar al insecto. En el interior de cada trampa se colocó una lámina del mismo material (14.5×8.7 cm) impregnada con una capa de Stickem® y se instaló un septo gris de

The traps were hung from the trees at a height of 1.5 to 3.0 m, using steel wire hooks, except in the teak plantation, where they were hung from a steel wire sustained between two trees. The period of insect capture was from February 15 to August 15 of 2006. The traps were replaced every two weeks and the septa with pheromone were changed every two months, being cautious with respect to the duration of the attraction effect indicated by Zhang and Amalin (2005) and Francis *et al.* (2007).

The count of males captured in the traps was made with a Motic® stereoscopic microscope in the Laboratory of Entomology and Biological Control of the Universidad Autónoma de Zacatecas. To confirm the taxonomy of the insect, a sample of 5 to 10 specimens was taken from each trap through the addition of a drop of white gasoline followed by 5 min repose. After the specimens were submerged for 24 h in a solution of KOH (1.0 g flakes in 100 mL water), they were transferred to water with safranin for coloring and then they were mounted on slides with glycerine. A composed microscope was used for their identification, based on the morphological characteristics of the genital capsule described by Hodges (2005).

The effect of the treatments was determined through a paired *t* test, using as response variable the difference between the sum of the number of males of *M. hirsutus* captured in the traps baited with pheromone and the sum of the number of males of *M. hirsutus* captured in the control traps, in each type of vegetation. The program JMP IN ver. 3.2.2 (SAS, 1996) was used for the statistical analysis.

Determination of the geographic dispersal

In 2006 four sampling routes were established to determine the geographic distribution of *M. hirsutus*: 1) Compostela-Puerto Vallarta; 2) Las Varas-San Blas-Santiago Ixcuintla; 3) Puerto Vallarta-El Tuito; 4) Puerto Vallarta-Las Palmas. The routes were determined using the highway system as reference (Highways 80, 110, 200, 15, 3, 68, 28, and an unnumbered highway in the route San Blas-Santiago Ixcuintla). Delta type traps for capturing the insects were made from Tetrapack® waxed cardboard, from 1 L milk cartons. A sheet of the same material (14.5×8.7cm) impregnated with a layer of Stickem® was placed inside each trap, and a gray rubber septum with the pheromone of *M. hirsutus* was installed, from the same lot used in the attraction test. The traps were hung from trees at the edges of the highways. The distance between traps was 4 to 6 km. The geographic coordinates of each site were registered with a GPS Magellan® Meridian Platinum® to facilitate the location of the traps at the moment of collection and to incorporate the information in a Geographic Information System environment, using Arc GIS 9.0 (ESRI, 1999).

caucho con la feromona de *M. hirsutus*, del mismo lote usado en la prueba de atracción. Las trampas se colgaron de árboles a los costados de las carreteras. La distancia entre trampas fue de 4 a 6 km. Las coordenadas geográficas de cada sitio se registraron con un GPS Magellan® Meridian Platinum® para facilitar la localización de las trampas al momento de la recolección y para incorporar la información en ambiente de Sistema de Información Geográfica, usando Arc GIS 9.0 (ESRI, 1999).

El tiempo de exposición de las trampas fue aproximadamente 48 h, basado en observaciones preliminares que indicaron que en sólo 24 h se obtenían capturas suficientes. Las rutas de muestreo se completaron en dos recorridos, uno en septiembre y otro en noviembre de 2006. Cuando se quitaron las trampas se removió la laminilla pegajosa y se envolvió con plástico adherible Bolsipack®. Los insectos se contaron en el Laboratorio de Entomología del Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, corroborando la identidad taxonómica mediante el procedimiento descrito por Hodges (2005).

En 2007 se realizó un monitoreo más intensivo de *M. hirsutus* en la zona de Valle de Banderas. Se usó como guía una rejilla con cuadrantes de 2.0 km², instalando una trampa cebada con la feromona dentro de cada cuadrante. Para conocer los límites de los cuadrantes en condiciones de campo y para localizar las trampas, se navegó con un GPS Magellan® Meridian Platinum®. Adicionalmente se establecieron dos rutas de muestreo de mayor cobertura geográfica, con base en denuncias de la presencia de *M. hirsutus*: 1) Tepic, Nayarit-Rosario, Sinaloa (denuncia en Acaponeta, Nayarit); 2) Guadalajara-Cihuatlán-Tomatlán-Colima (denuncia en Cihuatlán), abarcando los estados de Jalisco y Colima. Las distancias entre trampas en estas rutas variaron entre 10 y 20 km y el tiempo de exposición de las trampas entre 24 a 36 h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto atrayente de la feromona

La diferencia entre el número de machos de *M. hirsutus* capturados en las trampas cebadas con feromona fue significativamente superior en comparación con las capturas en las trampas testigo sin feromona (media de la diferencia=11319, $t=7.92$, $p=0.002$) (Cuadro 1). Este resultado corrobora que, en condiciones de campo, la feromona sintética desarrollada por Zhang *et al.* (2004a y b) atrae a los adultos machos de *M. hirsutus* en diferentes escenarios de vegetación y es acorde con los resultados reportados por Zhang y Amalin (2005) y Francis *et al.* (2007). Para cuestiones prácticas de monitoreo, la disponibilidad de esta feromona sintética significa una ventaja

The exposure time of the traps was approximately 48 h, based on preliminary observations which indicated that sufficient captures were obtained in just 24 h. The sampling routes were completed in two runs, one in September and the other in November of 2006. When the traps were taken down, the sticky sheet was removed and wrapped with Bolsipack® self adhering plastic. The insects were counted in the Entomology Laboratory of the Campo Experimental Pabellón in Aguascalientes, verifying the taxonomic identification through the procedure described by Hodges (2005).

In 2007 a more intensive monitoring of *M. hirsutus* was carried out in the zone of Valle de Banderas. A grid with quadrants of 2.0 km² was used as a guide, installing a trap baited with the pheromone within each quadrant. To know the limits of the quadrants under field conditions and to locate the traps, we used a GPS Magellan® Meridian Platinum® unit. Additionally, two sampling routes with wider geographic coverage were established, based on reports of the presence of *M. hirsutus*: 1) Tepic, Nayarit-Rosario, Sinaloa (reported in Acaponeta, Nayarit); 2) Guadalajara-Cihuatlán-Tomatlán-Colima (reported in Cihuatlán); including the states of Jalisco and Colima. The distances between traps in these routes varied between 10 and 20 km and the exposure time of the traps between 24 and 36 h.

RESULTS AND DISCUSSION

Attraction effect of the pheromone

The difference between the number of males of *M. hirsutus* captured in the traps baited with pheromone

Cuadro 1. Machos capturados en trampas Delta cebadas con lavandulil y maconellil (1:5), ubicadas en diferentes localidades del Valle de Banderas, del 15 de febrero al 15 de agosto de 2006.

Table 1. Males captured in Delata traps baited with lavandulil and maconellyl (1:5), placed in different localities of Valle de Banderas, from February 15 to August 15 of 2006.

Tipo de vegetación	Tratamiento [†]	
	Feromona	Testigo
<i>Tectona grandis</i>	14 975	1224
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	13 346	42
<i>Anona muricata</i>	12 767.5	2091
<i>Mangifera indica</i>	8223	675

[†] Suma de capturas promedio de dos trampas para el tratamiento con feromona y de una trampa para el tratamiento testigo ♦ Sum of average captures for the treatment with pheromone and a trap for the control treatment.

sobre el uso de hembras vírgenes, como lo señalan Serrano *et al.* (2001).

Al graficar las capturas de *M. hirsutus* se obtuvo un patrón de captura que sugiere que el periodo de máxima actividad de este insecto en el área de estudio ocurre de mediados de mayo a mediados de julio, precedido de un periodo de actividad moderada de principios de marzo a principios de mayo (Figura 1). Zhang y Amalin (2005) y Vitullo *et al.* (2007) señalan que en Florida (EE.UU.) la máxima actividad de *M. hirsutus* ocurre a mediados de verano. Cualquier diferencia observada en los picos de máxima actividad pueden deberse a las condiciones climáticas propias de cada localidad.

Dispersión geográfica

En 2006 se encontró que *M. hirsutus* se mantuvo principalmente dentro del área cuarentenada impuesta por las autoridades locales en Jalisco y Nayarit, aunque rebasó ligeramente tres Puntos de Verificación Interna (PVI) (Figura 2). Las capturas mayores se registraron en los sitios cercanos a Las Varas, Nayarit. En los sitios donde de manera secuencial no se registró la presencia de *M. hirsutus*, el avance de la plaga es aparentemente limitado por barreras de vegetación natural y por cambios de clima asociados con la altitud. Por ejemplo, hacia el sur de Puerto Vallarta, el insecto no se registró en las áreas montañosas de clima templado donde crecen pinos y encinos; lo mismo que ocurrió al este de Bahía de Banderas. Según Chong *et al.* (2008) las temperaturas menores de 15 °C son perjudiciales para la sobrevivencia de

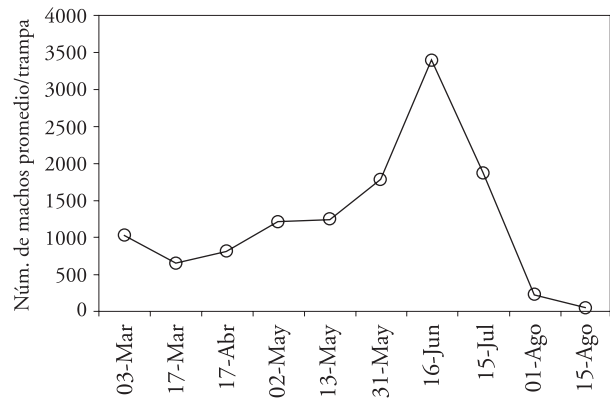


Figura 1. Fluctuación de la población de machos de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) determinada mediante el uso de los compuestos feromonales maconellil y lavandulil, en proporción 1:5 en Valle de Banderas, durante 2006.

Figure 1. Fluctuation of the male population of pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus*) determined through the use of the pheromonal compounds maconellil and lavandulil, in a 1:5 ratio in Valle de Banderas, during 2006.

was significantly higher with respect to the captures in control traps without pheromone (mean of the difference=11319, $t=7.92$, $p=0.002$) (Table 1). This result confirms that under field conditions, the synthetic pheromone developed by Zhang *et al.* (2004a and b) attracts the adult males of *M. hirsutus* in different vegetation scenarios and agrees with the results reported by Zhang and Amalin (2005) and Francis *et al.* (2007). For practical purposes of monitoring, the availability of this synthetic pheromone represents an advantage over the use of virgin females, as indicated by Serrano *et al.* (2001).

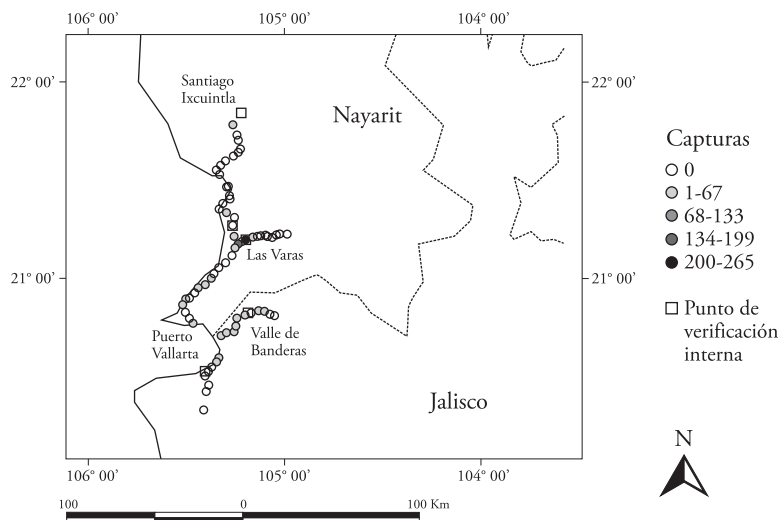


Figura 2. Patrón de capturas de machos de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*), en los estados de Nayarit y Jalisco, de septiembre a noviembre de 2006. Capturas obtenidas mediante trampas tipo delta cebadas con lavandulil y maconellil, expuestas por 48 h aproximadamente.

Figure 2. Capture pattern of males of pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus*) in the states of Nayarit and Jalisco, from September to November of 2006. Captures obtained through delta type traps baited with lavandulil and maconellil, exposed for approximately 48 h.

M. hirsutus, lo cual puede explicar la ausencia de este insecto en las áreas montañosas. Se percibió también que aquellas trampas que en secuencia no capturaron insectos, se encontraban alejadas de centros de población humana.

En 2007 aunque *M. hirsutus* aún se encontró en la zona de Valle de Banderas, las mayores capturas se registraron en los sitios dentro o cercanos Acaponeta, Nayarit, sin registrarse en el estado de Sinaloa (Figura 3). En los estados de Jalisco y Colima los casos de captura fueron incipientes, concentrándose ligeramente en Cihuatlán, en los límites de estas dos entidades, por la zona costera (Figura 4).

En 2007 nuevamente se percibió una asociación entre la presencia de *M. hirsutus* y los centros de población humana en las zonas costeras. Esto puede deberse a que la diseminación de este insecto ocurre

When the captures of *M. hirsutus* were graphed, a capture pattern was obtained that suggests that the period of maximum activity of this insect in the area of study occurs from mid-May to mid-July, preceded by a period of moderate activity from the beginning of March to the beginning of May (Figure 1). Zhang and Amalin (2005) and Vitullo *et al.* (2007) pointed out that in Florida (USA) the maximum activity of *M. hirsutus* occurs at mid-summer. Any difference observed in the peaks of maximum activity may be due to the climatic conditions of each locality.

Geographic dispersal

In 2006 it was found that *M. hirsutus* was maintained principally within the quarantined area imposed by the local authorities in Jalisco and

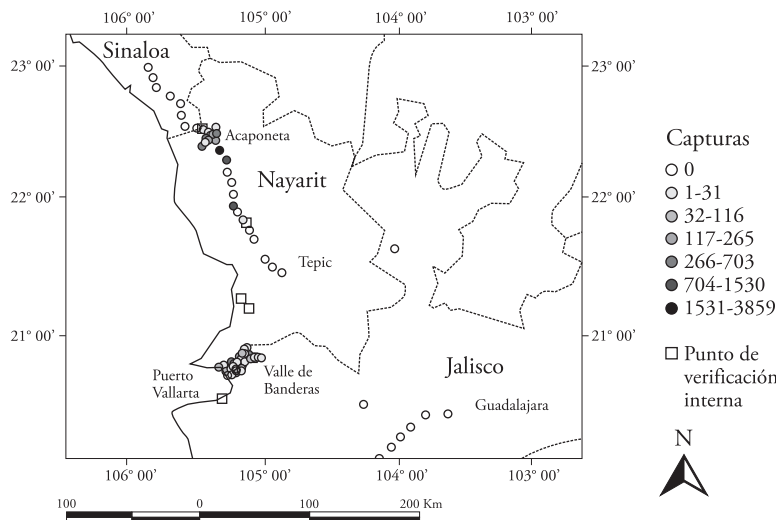


Figura 3. Patrón de capturas de machos de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*), en los estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco, en 2007. Capturas obtenidas mediante trampas Delta cebadas con lavandulil y maconellil, expuestas 24 a 36 h.

Figure 3. Capture pattern of males of pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus*) in the states of Sinaloa, Nayarit and Jalisco in 2007. Captures obtained by means of Delta traps baited with lavender and maconellyl, exposed for 24 to 36 h.

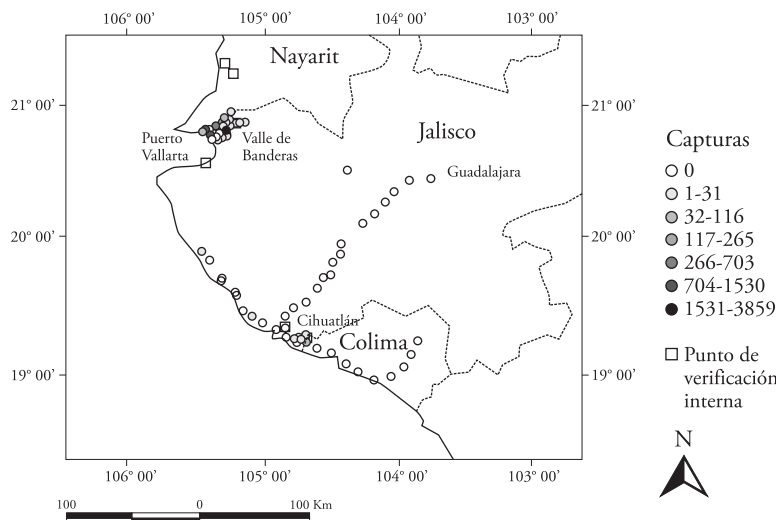


Figura 4. Patrón de capturas de machos de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*), en los estados de Jalisco y Colima en 2007. Capturas obtenidas mediante trampas Delta cebadas con lavandulil y maconellil, expuestas por 24 a 36 h.

Figure 4. Capture pattern of males of pink hibiscus mealybug (*Maconellicoccus hirsutus*) in the states of Jalisco and Colima in 2007. Captures obtained by means of Delta traps baited with lavender and maconellyl, exposed for 24 to 36 h.

principalmente a través del transporte de material vegetal infestado (Roltsch *et al.*, 2006). Hacia el interior de Jalisco, Nayarit y Colima, la dispersión de este insecto parece estar limitada por los cambios en altitud y vegetación, de tal forma que no se encontró en los sitios cuya vegetación corresponde a bosque de clima templado.

CONCLUSIONES

La feromona compuesta por (R)-lavandulil (S)-2-metilbutanoato y (R)-maconellil (S)-2-metilbutanoato en proporción 1:5 (Zhang *et al.*, 2004a y b), es altamente específica y permite determinar con facilidad la presencia o ausencia de *M. hirsutus* en áreas de interés agrícola, forestal y urbano. Además, mediante esta feromona y el sistema de muestreo usado, en pocos días puede determinarse la distribución de este insecto a diferentes escalas geográficas. Por tanto, la feromona evaluada constituye una valiosa herramienta para el monitoreo de *M. hirsutus* en México.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Comisión Nacional Forestal, a través del proyecto CONAFOR-2004-C01-07. Se agradece a Francisco Esquivel Villagrana, ex investigador del INIFAP, por su apoyo en la logística de los viajes y asistencia en los recorridos de campo. A José Luis Covarrubias Arreola y Miguel Hernández B., por su apoyo en los recorridos de campo dentro del área de Valle de Banderas y a Rafael Hernández Ávila por su ayuda en campo y en el trabajo de laboratorio. A Jaime Villa Castillo (Gerente de Sanidad de la CONAFOR) por su apoyo y sugerencias.

LITERATURA CITADA

- APHIS, 1997. Look out for the pink hibiscus mealybug. Animal and Plant Health Inspection Service. USDA Program Aid No. 1606. 11 p.
- Cermeli, M., P. Morales V., F. Godoy, R. Romero, y O. Cárdenas. 2002. Presencia de la cochinilla rosada de la cayena *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en Venezuela. *Entomotropica* 17: 103-105.
- Chong, J. H., A. L. Roda, and C. M. Mannion. 2008. Life history of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 37: 323-332.

Nayarit, although it went slightly beyond three Inside Checkpoints (PVI) (Figure 2). The highest captures were registered in sites close to Las Varas, Nayarit. In the sites where the presence of *M. hirsutus* was not registered sequentially, the advance of the pest is apparently limited by natural vegetation barriers and by climatic changes associated with elevation. For example, to the south of Puerto Vallarta, the insect was not registered in the mountainous areas of temperate climate where pines and oaks grow; the same occurred to the east of Bahía de Banderas. According to Chong *et al.* (2008), temperatures lower than 15 °C are harmful to the survival of *M. hirsutus*, which could explain the absence of this insect in the mountainous areas. It was also perceived that the traps that did not sequentially capture insects were not found near centers of human population.

In 2007, although *M. hirsutus* was still found in the zone of Valle de Banderas, the highest captures were registered in the sites within or close to Acaponeta, Nayarit, with none being registered in the state of Sinaloa (Figure 3). In the states of Jalisco and Colima, the captures were incipient, being slightly concentrated in Cihuatlán, in the limits of these two entities, along the coastal zone (Figure 4).

In 2007, once more an association between the presence of *M. hirsutus* and human population centers was observed in the coastal zones. This may be due to the fact that the deseminación of this insect occurs mainly through the transport of infected plant material (Roltsch *et al.*, 2006). In the interior of Jalisco, Nayarit and Colima, the dispersal of this insect seems to be limited by the changes in altitude and vegetation, given that it was not found in the sites whose vegetation corresponds to temperate climate forests.

CONCLUSIONS

The pheromone comprised of (R)-lavandulyl (S)-2-methylbutanoate and (R)-maconellyl (S)-2-methylbutanoate in a 1:5 ratio (Zhang *et al.*, 2004a and b), is highly specific and makes it possible to easily determine the presence or absence of *M. hirsutus* in areas of agricultural, forest, or urban interest. Furthermore, by using this pheromone and the used sampling system, it was possible to determine in a few days the distribution of this insect at different geographic scales. Therefore, the pheromone

- Diario Oficial de la Federación. 2000. Acuerdo por el que se instrumenta el dispositivo nacional de emergencia con el objeto de prevenir el ingreso de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Green) e instrumentar las medidas fitosanitarias para monitorear y erradicar brotes eventuales de la plaga. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México. 7 de febrero de 2000. 11 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Acuerdo por el que se instrumenta el Dispositivo Nacional de Emergencia en los términos del artículo 46 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, con el objeto de controlar y mitigar el riesgo de dispersión de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 31 de diciembre de 2007. 9 p.
- ESRI. 1999. Arc View GIS Ver. 3.2.
- Francis, A., K. A. Bloem, A. L. Roda, and S. L. Lapointe. 2007. Development of trapping methods with a synthetic sex pheromone of the pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). Florida Entomol. 90: 440-446.
- Goolsby, J. A., A. A. Kirk, and D. E. Meyerdirk. 2002. Seasonal phenology and natural enemies of *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Australia. Florida Entomol. 85: 494-498.
- Hodges, G. 2005. PHM Male identification, quick and dirty mounts 4/15/04. FDACS-DPI. In: Materials Developed for the Pink Hibiscus Mealybug Workshop. University of Florida 23-24 of June. USDA-APHIS-NPB-NPDN-IPM. USA. 5 p.
- Hodges, G. S., and A. Hodges. 2005. Pink Hibiscus Mealybug *Maconellicoccus hirsutus*. Training Manual. National Plant Diagnostic Network. USDA APHIS National IPM, University of Florida. 132 p.
- Meyerdirk, D. E., R. War, K., B. Attavian, E. Gersabeck, A. Francis, M. Adams, y G. Francis. 2003. Manual del proyecto para el control biológico de la Cochinilla Rosada del Hibisco. USDA-APHIS, PPQ. Segunda edición traducida por IICA, Costa Rica. 245 p.
- Ojeda A., A. 2004a. La cochinilla rosada. Ficha técnica CNRPF-04/17. Centro Nacional de Referencia en Parasitología Forestal. México. 4 p.
- Ojeda A., A. 2004b. Cómo identificar a la cochinilla rosada (CRH). Ficha técnica CNRPF-04/19. Centro Nacional de Referencia en Parasitología Forestal. México. 4 p.
- evaluated is a valuable tool for monitoring *M. hirsutus* in México.
- End of the English version—
- *—
- Roltsch, W. J. 2006. Classical biological control of the pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green), in southern California. Biol. Control 37: 155-166.
- SAGARPA. 2004. Aplicará gobierno federal \$28 millones en fortalecimiento de medidas fitosanitarias en zona agrícola y forestal de Nayarit para control del insecto "cochinilla rosada". Boletín Núm. 166/04. Dir. Gen. Com. Soc. 2 p. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2004/julio/B/66pdf.htm> (Consultado: 11 de mayo, 2009).
- SAS Institute. 1996. JMP IN Version 3.2.1 for Windows. Duxbury Press. 521 p.
- Serrano, M. S., S. L. Lapointe, and D. E. Meyerdirk. 2001. Attraction of males by virgin females of the mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). Environ. Entomol. 30: 339-345.
- Vitullo, J., S. Wang, A. Zhang, C. Mannion, and J. C. Bergh. 2007. Comparison of sex pheromone traps for monitoring pink hibiscus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). J. Econ. Entomol. 100: 405-410.
- Zhang, A., J. Nie, and A. Khirimian. 2004a. Chiral synthesis of maconelliol: a novel cyclobutanoid terpene alcohol from Pink Hibiscus Mealybug *Maconellicoccus hirsutus*. Tetrahedron Letters 45: 9401-9403.
- Zhang, A., D. Amalin, S. Shirali, M. S. Serrano, R. A. Franqui, J. E. Oliver, J. A. Klun, J. R. Aldrich, D. E. Meyerdirk, and S. L. Lapointe. 2004b. Sex pheromone of the Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*, contains an unusual cyclobutanoid monoterpene. PNAS 101: 9601-9606.
- Zhang, A., and D. Amalin. 2005. Sex pheromone of the female Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae): Biological activity evaluation. Environ. Entomol. 34: 264-270.
- Zhang, A., and J. Nie. 2005. Enantioselective synthesis of the female sex pheromone of the Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*. J. Agric. Food Chem. 53: 2451-2455.