

Distribución temporal y potencial reproductivo de la cochinilla rosada del hibisco (Hemiptera: Pseudococcidae) en Nayarit, México*

Seasonal distribution and reproductive potential of the pink hibiscus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in Nayarit, Mexico

Nadia C. García-Álvarez¹, Mario A. Urías-López^{1§}, Luis M. Hernández-Fuentes¹, Jorge A. Osuna-García¹, Raúl Medina-Torres² y Jesús A. González Carrillo¹

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Apartado Postal 100. C. P. Santiago Ixcuintla, Nay. 63300. Tel. 323 235-2031. ²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias-Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit, México. C. P. 63155. [§]Autor para correspondencia: urias.marioalfonso@inifap.gob.mx.

Resumen

La cochinilla rosada del hibisco (CRH) *Maconellicoccus hirsutus* Green es una plaga que ataca una gran variedad de cultivos, tiene gran capacidad reproductiva y de dispersión. Los objetivos fueron determinar la fluctuación poblacional anual, definir el número potencial de generaciones por año y las zonas de riesgo de la de CRH en Nayarit. La fluctuación de las poblaciones se obtuvo del monitoreo realizado durante dos años con tres hospedantes naturales de la plaga. Para determinar el potencial de generaciones, se utilizó información de temperaturas de las principales estaciones climatológicas del estado, los requerimientos de unidades calor y umbrales de desarrollo de la especie. Las poblaciones más bajas de la CRH se registraron durante las lluvias de agosto a octubre, las poblaciones fueron moderadas durante los periodos de bajas temperaturas de noviembre a febrero. Los promedios más altos ocurrieron durante el periodo sin lluvias y con temperaturas relativamente altas de marzo a junio. En el hospedante silvestre *Acacia* sp. ("rabo de iguana") se registraron las densidades más altas de la plaga respecto a guanábana y teca. Cuatro localidades de Nayarit mostraron el mayor potencial reproductivo al registrar entre 14.4 y 13.2 generaciones por año. De las zonas aún no invadidas por la plaga, se podrían producir de 7.5 a 11

Abstract

The pink hibiscus mealybug (PHM) *Maconellicoccus hirsutus* Green is a pest that attacks a variety of crops, have high reproductive capacity and dispersion. The objectives were to determine the annual population fluctuation, define the potential number of generations per year and the risk areas of PHM in Nayarit. The fluctuation of populations was obtained from the monitoring performed for two years with three natural hosts of the pest. To determine the potential of generations, we used temperature data from weather stations in the state primary, heat units' requirements and thresholds for development of the species. Lower populations of PHM rainfall were recorded during August to October; populations were moderate during periods of low temperatures from November to February. The highest average occurred during the rainless period and relatively high temperatures from March to June. In the wild host *Acacia* sp. ("Rabo de iguana") recorded the highest densities of the pest regarding soursop and teak. Four towns in Nayarit showed the highest reproductive potential to record between 14.4 and 13.2 generations per year. In areas not yet invaded by the plague, it could cause 7.5 to 11 generations per year. The coastal area where agricultural production is concentrated surface was increased risk of PHM.

* Recibido: julio de 2013

Aceptado: noviembre de 2013

generaciones por año. La zona costera donde se concentra la producción agrícola resultó la superficie de mayor riesgo de la CRH.

Palabras claves: *Macconellicoccus hirsutus*, generaciones, piojo harinoso

Introducción

Con la introducción de la cochinilla rosada del hibisco (CRH) *Macconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae), se ha limitado la comercialización de diversos cultivos y frutales de Nayarit, tales como la guanábana (*Annona muricata* L.), el mango (*Mangifera indica* L.) La CRH es una plaga cosmopolita, en México se considera de importancia cuarentenaria y con gran potencial para dañar la agricultura del país. La presencia de la CRH impacta al impedir la libre movilización de muchas especies vegetales a nivel nacional e internacional, así como por los daños directos que produce en la calidad de la producción (Hoy *et al.*, 2002; Urías, 2006). En Nayarit la CRH se detectó en 2004 en Bahía Banderas y actualmente se encuentra en otros municipios del estado se tienen para la libre movilización de las cosechas de mango y guanábana entre otras (Urías, 2006).

La CRH se encuentra en África tropical, Sureste de Asia y Norte de Australia (Williams, 1986; Williams, 1996; Hoy *et al.*, 2002). También se ha detectado en las islas del Caribe, Estados Unidos de América (California), México (Baja California) y Belice Caribe (Hoy *et al.*, 2002). Esta plaga ataca tallos, hojas, yemas florales, frutos y raíces en más de 200 especies de plantas como: cítricos, hortalizas, frutales, especies forestales y ornamentales (Babu and Azam, 1987).

El ciclo completo del insecto dura entre 23 y 30 días y pueden tener hasta 15 generaciones al año Hoy *et al.* (2002). Los huevos son de pigmentación rosada, de textura lisa y ovals; miden 0.29-0.40 mm de largo y 0.15-0.21 mm de ancho y su periodo de incubación es de tres a nueve días (Dutt *et al.*, 1951; Singh y Ghose, 1971; Mani, 1989; Reddy y Narayana, 1986). Las ninfas están cubiertas con una capa cerosa blanquecina (Mani, 1989; Meyerdirk *et al.*, 2003). La proporción de sexos es de 1:1 (Mani, 1989). El macho presenta cuatro estadios ninfales, mide 1.1-1.5 mm de longitud y 0.4 mm de ancho, tiene un par de alas y dos filamentos caudales largos casi del tamaño de su cuerpo

Key words: *Macconellicoccus hirsutus*, generations, mealybug.

Introduction

With the introduction of the pink hibiscus mealybug (PHM) *Macconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae), has limited the marketing of various crops and Nayarit fruit such as soursop (*Annona muricata* L.), mango (*Mangifera indica* L.). PHM is a cosmopolitan scourge, in Mexico is considered of quarantine and with great potential to damage the country's agriculture. The presence of PHM impacts by preventing the free movement of many plant species at national and international level, as well as direct damage that occurs in the production quality (Hoy *et al.* 2002; Urías, 2006). In Nayarit PHM was detected in 2004 in Bahía Banderas and currently in other municipalities in the state have for the free movement of crops including mango and soursop (Urías, 2006).

The PHM is found in tropical Africa, Southeast Asia and Northern Australia (Williams, 1986; Williams, 1996; Hoy *et al.*, 2002). Also detected in the islands of the Caribbean, United States of America (California), Mexico (Baja California) and Belize Caribbean (Hoy *et al.*, 2002). This pest attacks stems, leaves, buds, fruits and roots in more than 200 species of plants such as citrus, vegetables, fruit, forest and ornamental species (Babu and Azam, 1987).

The complete cycle of the insect lasts between 23 and 30 days and can be up to 15 generations per year Hoy *et al.* (2002). Eggs are pink, smooth texture and oval, measuring 0.29 to 0.40 mm long and 0.15 to 0.21 mm wide and its incubation period is three to nine days (Dutt *et al.* 1951, Singh and Ghose, 1971; Mani, 1989; Narayana Reddy, 1986). The nymphs are covered with a whitish waxy coating (Mani, 1989; Meyerdirk *et al.*, 2003). The gender ratio is 1:1 (Mani, 1989). The male has four nymphal stages, measuring 1.1-1.5 mm long and 0.4 mm wide, has a pair of wings and two long caudal filaments about the size of your body (Hall, 1921). The female undergoes three nymphal is soft body and oval, 2 to 3 mm in length and lacks wings.

In the current issue of PHM is required to generate basic and applied to increase options integrated pest management, which were raised by the following objectives: to determine

(Hall, 1921). La hembra pasa por tres estadios ninfales, es de cuerpo blando y ovalado, de 2 a 3 mm de longitud y carece de alas.

Ante el problema actual de la CRH, se requiere generar información básica y aplicada para incrementar opciones del manejo integrado de la plaga, por lo cual se plantearon los siguientes objetivos: determinar la fluctuación poblacional anual de CRH en tres hospederos naturales y definir el número potencial de generaciones por año y zonas de riesgo de la de CRH en Nayarit.

Materiales y métodos

Distribución temporal de la cochinilla rosada del hibisco. Se monitoreó la población de ninfas de la CRH de septiembre-2008 a octubre-2009 y de los machos (adultos) de marzo-2009 a octubre-2010. Se utilizaron tres hospedantes naturales de la plaga: Guanábana (*A. muricata* Linn.), Teca (*Tectona grandis* Linn. F) y la leguminosa *Acacia* sp. ("rabo de iguana"), que se seleccionaron por su importancia frutícola, forestal y hospedante silvestre, respectivamente. Se utilizó un huerto comercial de guanábana de dos hectáreas (ha) y un potrero con predominancia de "rabo de iguana", ambos predios situados en la cercanía de Las Varas, Nayarit. En el caso de teca se utilizó una plantación comercial de tres ha situada en Ruiz, Nayarit. Se realizaron muestreos quincenales en 10 árboles distribuidos al azar, los cuales se marcaron para hacer el monitoreo durante el año.

De cada árbol, se seleccionaron cuatro ramas orientadas a cada punto cardinal y de cada rama se seleccionaron dos brotes; se cuantificó la presencia de ovisacos, ninfas y hembras adultas sólo del extremo de los brotes (5 cm). Debido a que los machos son alados, estos se monitorearon con trampas Jackson y con una mezcla de dos feromonas de la hembra de CRH: (R)-lavandulyl (S)-2-methylbutanoate y (R)-maconelliyl (S)-2-methylbutanoate, (Zhang y Amalin, 2005; Vitullo *et al.* (2007). Se colocaron cuatro trampas por huerto y se cambiaron cada 15 día; una vez colectadas se transportaron al laboratorio para el conteo de los adultos con un microscopio estereoscópico marca Zeiss® (mod. Stemi DV4). Los datos de temperatura y precipitación pluvial se obtuvieron de las estaciones climatológicas más cercanas a los huertos, operadas por la Red de Estaciones Climatológicas de Nayarit del INIFAP (<http://clima.nayarit.gob.mx>).

the annual population fluctuation three PHM natural hosts and define the potential number of generations per year and areas at risk of PHM in Nayarit.

Materials and methods

Seasonal distribution of pink hibiscus mealybug. Population was monitored PHM nymphs September 2008 to October 2009 and males (adults) from March 2009 to October 2010. We used three hosts of the pest: soursop (*A. muricata* Linn.), Teak (*Tectona grandis* Linn. F) and the legume *Acacia* sp. ("Rabo de iguana"), which were selected for their important fruit, forest and wild host, respectively. We used a commercial orchard soursop two hectares (ha) and a pasture with a predominance of "Rabo de iguana", both properties located in the vicinity of Las Varas, Nayarit. In the case of teak, used a commercial plantation in three ha located in Ruiz, Nayarit. Samples were taken fortnightly in 10 randomized trees, which were marked for monitoring during the year.

From each tree, four branches were selected each cardinal point oriented and individual industries selected two outbreaks; quantified ovisacs presence, nymphs and adult females only end buds (5 cm). Since males are winged, these traps were monitored Jackson and a mixture of two female pheromones PHM: (R)-lavandulyl (S)-2-methylbutanoate and (R)-maconelliyl (S)-2-methylbutanoate (Zhang and Amalin, 2005; Vitullo *et al.* (2007). We placed four traps per orchard and were changed every 15 days, once collected were transported to the laboratory for counting adults with a stereoscopic microscope Zeiss® (mod. Stemi DV4). Temperature data and rainfall were obtained from the weather stations closest to the orchards, operated by the Climatological Station Network INIFAP Nayarit (<http://clima.nayarit.gob.mx>).

Potential generations per year and areas at risk of PHM in Nayarit. In this case we used the information in the literature on the basic requirements necessary temperature for insect development (Chong *et al.*, 2008) and information temperature (maximum and minimum) of the weather stations of Nayarit National Water Commission (<http://smn.cna.gob.mx>). We used only stations that information recorded at least the past 20 years. For the calculation of accumulated heat units (UCA) per day for each weather station, we used the following formula suggested by

Potencial de generaciones por año y zonas de riesgo de la de CRH en Nayarit. En este caso se utilizó la información existente en la literatura sobre los requerimientos básicos de temperatura necesarios para el desarrollo del insecto (Chong *et al.*, 2008) y la información de temperaturas (máximas y mínimas) de las estaciones climatológicas de Nayarit la Comisión Nacional del Agua (<http://smn.cna.gob.mx>). Sólo se utilizaron las estaciones que registraron información por lo menos los últimos 20 años. Para el cálculo de unidades calor acumuladas (UCA) por día de cada estación meteorológica, se utilizó la siguiente fórmula sugerida por Wagner *et al.* (1984): $UC = T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}/2 - T_{\text{base}}$; donde: UC= unidades calor; $T_{\text{máx}}$ = Temperatura máxima del día; $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima del día; y T_{base} = temperatura base.

Para estimar las unidades calor de cada mes se hizo la sumatoria del calor de los días del mes correspondiente y para el cálculo anual se hizo la sumatoria de las unidades calor de los doce meses del año. Para realizar éstos cálculos se consideraron los umbrales de temperatura, mínimo (14.5 °C) y máximo (35 °C) requeridos para el desarrollo de esta especie (Chong *et al.*, 2008). Cuando la temperatura ambiental fue inferior o superior a esos niveles se consideró como no acumulación de calor durante ese periodo. Finalmente, para calcular las generaciones potenciales por año de la CRH en cada estación climática, se dividió el valor de las UCA acumuladas en el año entre 347 UC, que son las que requiere la CRH para su desarrollo completo (Chong *et al.*, 2008). Con esta información se generó un mapa de las áreas con el número potencial de generaciones que pueden ocurrir en las zonas invadidas como las actualmente libres de la CRH en Nayarit.

Análisis estadístico. Las variables se analizaron con un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones (árboles), mediante la utilización del paquete estadístico (SAS, 2002). Se hicieron comparaciones de las poblaciones entre localidades y hospederos en estudio. Se realizaron los análisis de varianza y comparación de medias respectivos (Tukey, $p \leq 0.05$). También se realizaron pruebas de correlación entre variables en los casos que procedió.

Resultados y discusión

Temperaturas. En el primer año en Las Varas, Nayarit (potrero con "rabo de iguana"), las temperaturas promedio durante el tiempo de evaluación fueron: la más alta (28.5 °C) ocurrió en agosto y la más baja (21.8 °C) en enero. En

Wagner *et al.* (1984): $UC = T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}/2 - T_{\text{base}}$, where: UC= heat units, $T_{\text{máx}}$ = maximum daytime temperature, $T_{\text{mín}}$ = minimum temperature of the day, and T_{base} = base temperature.

To estimate heat units each month was the sum of the heat of the days of the relevant month and the annual estimate was the sum of heat units of the twelve months of the year. To perform these calculations were considered temperature thresholds, minimum (14.5 °C) and maximum (35 °C) required for the development of this species (Chong *et al.*, 2008). When ambient temperature was lower or higher than those levels considered as heat accumulation during that period. Finally, to calculate the potential annual generation of PHM in each climate station divided UCA value over the year between UC 347, which is required for PHM growing (Chong *et al.*, 2008). With this information we generated a map of the areas with the potential number of generations that can occur in invaded areas as currently free of PHM in Nayarit.

Statistical analysis. Variables were analyzed with a randomized block design with five replicates (trees), using the statistical package (SAS, 2002). Comparisons were made between locations and populations studied hosts. We performed the analysis of variance and mean respective (Tukey, $p \leq 0.05$). In addition, tests of correlation between variables in cases proceeded.

Results and discussion

Temperatures. During the first year in Las Varas, Nayarit (pasture with "Rabo de iguana"), average temperatures during the evaluation period were highest (28.5 °C) occurred in August and the lowest (21.8 °C) in January. In Altavista, Nayarit (soursop orchard) the highest temperature (30.1 °C) was recorded in June and the lowest (20.8 °C) in December. In Rosamorada, Nayarit (teak plantation) highest average temperature (28.9 °C) occurred in July and the lowest (20.8 °C) in December. In the second year, the highest temperature in Las Varas was recorded in June and August (27.8 °C) and lowest in January (22.0 °C). In Altavista the highest occurred in August (27.7 °C) and lowest in February (20.3 °C). In Rosamorada the highest temperature occurred in August (28.2 °C) and the lowest (20.3 °C) in February (Table 1).

Altavista, Nayarit (huerto de guanábana) la temperatura más alta (30.1 °C) se registró en junio y la más baja (20.8 °C) en diciembre. En Rosamorada, Nayarit (plantación de teca) la temperatura promedio más alta (28.9 °C) ocurrió en julio y la más baja (20.8 °C) en diciembre. En el segundo año, la temperatura más alta en Las Varas, se registró en junio y agosto (27.8 °C) y la más baja en enero (22.0 °C). En Altavista la más alta ocurrió en agosto (27.7 °C) y la más baja en febrero (20.3 °C). En Rosamorada la temperatura más alta ocurrió en agosto (28.2 °C) y la más baja (20.3 °C) en febrero (Cuadro 1).

Population fluctuation of PHM in 2008-2009. Population in the host wild PHM was statistically different between sampling dates during the year. Population patterns of PHM were highly variable during the year but with similar trends between the biological states. Ovisacs averages, nymphs and females (adults) remained below two copies / outbreak during most of the year (Figure 1). Higher values of each biological were recorded from April to June, the highest densities occurred on June 1 with 1.4 ovisacs / bud, 7.7 nymphs / shoot and 2.3 females / shoot (Figure 1).

Cuadro 1. Temperaturas (°C) promedio por localidad. Nayarit, 2008-2010.
Table 1. Temperatures (°C) averaged per location. Nayarit, 2008-2010.

Mes	2008-2009			2009-2010		
	Las Varas	Altavista	Rosamorada	Las Varas	Altavista	Rosamorada
Oct.	27.5	26.9	27.3	27.3	26.9	27.3
Nov.	25.0	23.6	23.5	25.3	24.0	23.8
Dic.	22.0	20.8	20.8	21.8	21.2	20.7
Ene.	21.8	20.9	21.1	22.0	20.9	20.5
Feb.	21.9	21.0	21.1	21.3	20.3	20.3
Mar.	23.8	23.1	23.3	22.4	21.8	21.5
Abr.	23.5	22.8	24.1	24.1	23.7	23.9
May.	27.0	26.1	28.1	25.4	24.6	25.8
Jun.	27.7	30.1	28.7	27.8	27.3	28.5
Jul.	28.4	27.9	28.9	26.7	26.6	27.2
Ago.	28.5	28.0	28.7	27.8	27.7	28.2
Sept.	28.2	27.9	28.1	27.3	27.1	27.8

Fluctuación poblacional de la CRH en 2008- 2009. La población de CRH en el hospedero silvestre fue estadísticamente diferente entre fechas de muestreo durante el año. Los patrones de población de la CRH fueron muy variables durante el año pero con tendencias similares entre los estados biológicos. Los promedios de ovisacos, ninfas y hembras (adultas) se mantuvieron por debajo de dos ejemplares/brote durante la mayor parte del año (Figura 1). Los valores más altos de cada estado biológico se registraron de abril a junio; las densidades más altas ocurrieron el uno de junio con 1.4 ovisacos/brote, 7.7 ninfas/brote y 2.3 hembras/brote (Figura 1).

Las poblaciones de CRH en teca se registraron sólo de octubre 2008 a enero 2009, con promedios casi siempre inferiores a un ejemplar por rama. Las densidades más altas fueron en diciembre, con 0.8, 0.9 y 0.22 ovisacos, ninfas y hembras adultas/rama, respectivamente (Figura 2). En guanábana, sólo se registraron ovisacos en diciembre (0.01/rama), las ninfas en octubre y marzo (0.01/rama, y las hembras adultas (0.02/rama) sólo en diciembre.

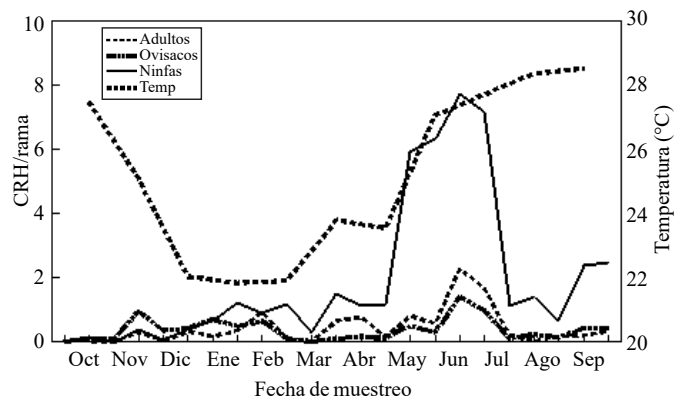


Figura 1. Poblaciones de CRH en "rabo de iguana". Las Varas, Nayarit. 2008-2009.
Figure 1. Populations of PHM in "Rabo de iguana" Las Varas, Nayarit. From 2008 to 2009.

PHM populations in teak recorded only from October 2008 to January 2009, averaging almost always less than one per branch. The highest densities were in December, 0.8, 0.9 and 0.22 ovisacs, nymphs and adult females / branch, respectively (Figure 2). In soursop, only recorded

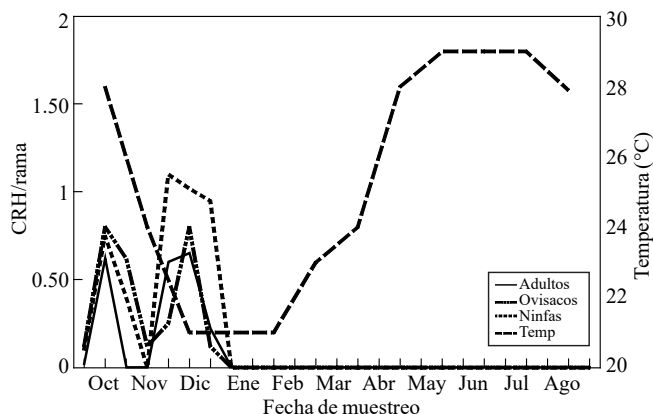


Figura 2. Distribución anual de CRH en teca. Las Varas, Nayarit. 2008-2009.

Figure 2. Annual distribution of PHM in teak. Las Varas, Nayarit. From 2008 to 2009.

Fluctuación poblacional de la CRH en 2009-2010. En el caso de “rabo de iguana”, las poblaciones de inmaduros presentaron un comportamiento similar entre ellos durante el año. En general se observan dos etapas en las poblaciones de cochinilla rosada: una de julio a diciembre con poblaciones bajas inferiores a dos individuos/rama y un periodo de incremento poblacional de enero a mayo (Figura 3). Las poblaciones más altas se registraron el 15 de mayo con 6.2 ovisacos/brote, 16.8 ninfas/brote y 8.2 hembras adultas/brote (Figura 3). La etapa de incremento poblacional fue notoria porque coincidió con el incremento de temperaturas durante ese mismo periodo. La caída de las poblaciones de junio, aun con altas temperaturas, se debió al efecto de la sequía ya que los arbustos no produjeron nuevos brotes. Por otra parte, al inicio de lluvias en julio ocurrieron rebrotes de las plantas, pero la población de CRH ya no se recuperó debido al efecto de las lluvias.

Para el segundo año no se detectó la plaga en guanábana ni en teca. Se considera que las bajas poblaciones registradas en esos hospedantes, se debieron como resultado de la liberación de insectos benéficos, actividad enfocada principalmente a especies de importancia económica para el estado y realizada por el Comité estatal de Sanidad Vegetal de Nayarit. Al ser “rabo de iguana” un hospedero silvestre y sin control biológico inducido, las poblaciones de la cochinilla se desarrollaron con mayor facilidad y pudieron ser detectadas prácticamente durante todo el año en este hospedero.

Fluctuación poblacional de adultos (machos) en 2009-2010. Las capturas de machos en trampas con feromona fueron muy variadas entre hospedantes y entre fechas de muestreo. En ambos años de estudio, en el arbusto “rabo de iguana” fue donde mayor cantidad de adultos se capturaron

in December ovisacs (0.01/rama) nymphs in October and March (0.01/rama, and adult females (0.02/rama) only in December.

Population fluctuation of PHM in 2009-2010. In the case of “Rabo de iguana” immature populations showed a similar pattern between them during the year. In general there are two stages in mealybug populations: July 1 to December with low populations below two individuals/branch and a period of population increase from January to May (Figure 3). The populations were highest on May 15 with 6.2 ovisacs/outbreak, 16.8 nymphs/shoot and 8.2 adult females/shoot (Figure 3). The stage of population increase was notorious because it coincided with the increase in temperature during the same period. Falling June populations, even at high temperatures, due to the effect of drought since the bushes did not produce new shoots. Moreover, the onset of rains in July occurred regrowth of plants, but the population of PHM did not recover due to the effect of rainfall.

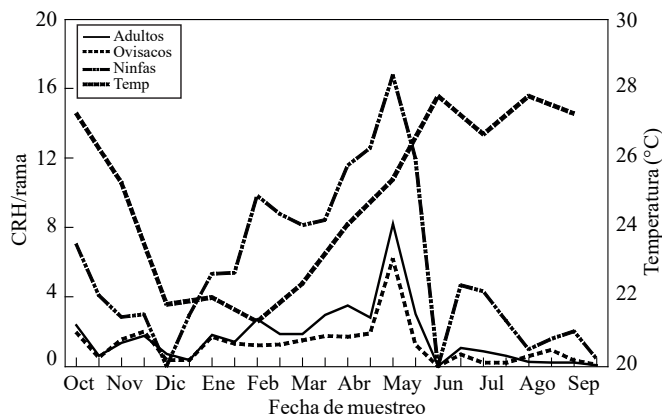


Figura 3. Poblaciones de CRH en “Rabo de iguana”. Las Varas, Nayarit. 2009-2010.

Figure 3. Populations of PHM in “Rabo de iguana”. Las Varas, Nayarit. From 2009 to 2010.

For the second year was not detected the pest in guava and teak. It is considered that the low recorded in these host populations, were due as a result of the release of beneficial insects, activity focused primarily economically important species for the state and by the State Committee of Nayarit Plant. Being “Rabo de iguana” a wild and uncontrolled host induced biological, mealybug populations developed more easily and could be detected almost throughout the year in this host.

Population fluctuation of adults (males) in 2009-2010. Catches of males in pheromone traps were varied between hosts and between sampling dates. In both years of study, in

(Figuras 4 y 5). En el primer año (2009), se registraron dos picos de captura de adultos en mayo y diciembre (1694 y 1739 por trampa, respectivamente (Figura 5). En el segundo año de monitoreo (2010) los valores más altos se registraron en marzo y junio con 1 748 y 1 065 adultos por trampa, respectivamente (Figura 6). En "rabo de iguana" las capturas de machos en ambos años fueron casi siempre superiores a los 300 adultos por trampa, mientras que en guanábana y "teca" casi nunca se rebasó esa cantidad. El valor más alto registrado en teca fue al finalizar julio de 2010, con 529 machos capturados por trampa (Figura 5).

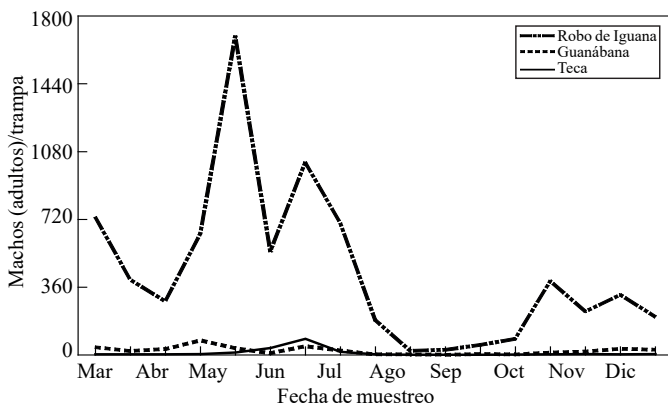


Figura 4. Captura de adultos de la CRH en tres hospederos de Nayarit. 2009.

Figure 4. Capture adult PHM three hosts of Nayarit. 2009.

Los patrones de capturas de machos, fueron similares a los de estados inmaduros, en ambos casos las mayores poblaciones fueron en la época seca y calurosa del año (abril junio), mientras que las más bajas ocurrieron de agosto a noviembre. Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por González-Gaona *et al.* (2010), quienes indicaron que el periodo de máxima actividad de *M. hirsutus* en el área de estudio ocurrió de mediados de mayo a mediados de julio, precedido de un periodo de actividad moderada de principios de marzo a principios de mayo. Asimismo, Zhang y Amalin (2005) y Vitullo *et al.* (2007) señalan que en Florida (EE. UU.) la máxima actividad de *M. hirsutus* ocurrió a mediados del verano.

Densidad de las poblaciones de cochinilla rosada. En ambos años de estudio, el promedio anual de la densidad de cada estado biológico de la CRH fue significativamente diferente entre hospedantes. En 2008-2009 el promedio más alto de ovisacos fue significativamente más alto en "rabo de iguana" respecto a los otros dos hospedantes; la densidad más baja se registró en guanábana (Cuadro 2). La densidad de ninfas y hembras adultas fue también significativamente

the bush "Rabo de iguana" was where the greatest number of adults captured (Figures 4 and 5). In the first year (2009), were two adults capture peaks in May and December (1694 and 1739 per trap, respectively (Figure 5). During the second year of monitoring (2010) the highest values were recorded in March and June 1748 and 1065 adults per trap, respectively (Figure 6). In "Rabo de iguana" catches of males in both years were almost always over 300 adults per trap, whereas in soursop and "teak" almost never exceeded that amount. The highest value was recorded at the end teak July 2010, with 529 males captured per trap (Figure 5).

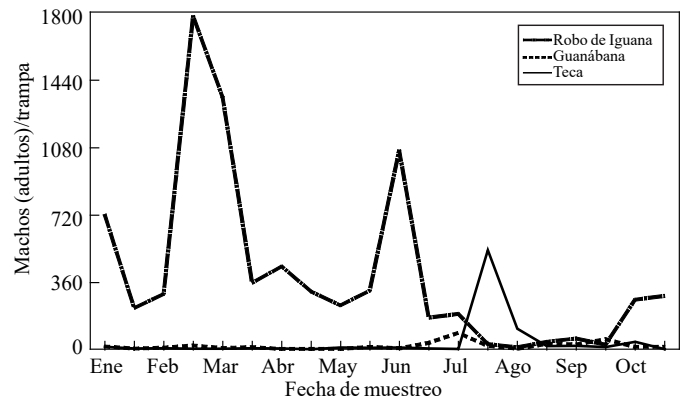


Figura 5. Captura de machos de la CRH en tres hospederos de Nayarit. 2010.

Figure 5. Captures of males of PHM on three hosts of Nayarit. 2010.

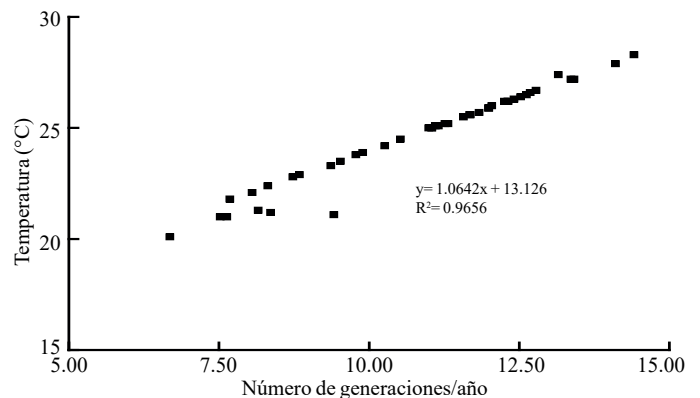


Figura 6. Dispersión entre generaciones de la CRH y la temperatura media.

Figure 6. Dispersion between generations of PHM and the average temperature.

The captures of male patterns were similar to those of immature stages, in both cases the largest populations were in the dry and hot season of the year (April-June), while the lowest occurred from August to November. These results partially coincide with those obtained by González-Gaona *et al.* (2010), who indicated that the period of maximum activity of *M. hirsutus* in the study area occurred from mid-

más alta en "rabo de iguana" que en teca o que en guanábana. El total de los estados biológicos de esta plaga fue más alto en "rabo de iguana" (2.92 cochinillas/brote), mientras que el más bajo (0.03 cochinillas/rama) ocurrió en guanábana (Cuadro 2). En el segundo año de estudio (2009-2010) sólo se registraron poblaciones en "rabo de iguana" (Cuadro 2). Al no registrarse poblaciones de cochinilla en teca ni en guanábana, obviamente la cantidad de ovisacos, ninfas y hembras adultas fue más alta en rabo de iguana, que en guanábana o que en teca (Cuadro 2).

May to mid-July, preceded by a period of moderate activity in early March to early May. Similarly, Zhang and Amalin (2005) and Vitullo *et al.* (2007) note that in Florida (USA) the maximum activity of *M. hirsutus* occurred in mid-summer.

Mealybug populations density. In both years of study, the annual average density of each biological state of PHM was significantly different between hosts. In 2008-2009 the highest average ovisacs was significantly higher in "Rabo de

Cuadro 2. Densidades de cochinilla rosada (\pm EE) por brote en Nayarit.

Table 2. Mealybug densities (\pm SE) per shoot in Nayarit.

Hospedero	Ovisacos	Ninfas	Adultos (♀)	Total
2008-2009				
"Rabo de iguana"	0.38 (1.3) a	2.10 (0.09) a	0.45 (0.02) a	2.92 (0.13) a
Teca	0.12 (1.3) b	0.19 (0.09) b	0.09 (0.02) b	0.40 (0.13) b
Guanábana	0.01 (1.3) c	0.01 (0.09) b	0.01 (0.02) c	0.03 (0.13) c
2009-10				
"Rabo de iguana"	1.23 (0.07) a	5.73 (0.19) a	1.68 (0.08) a	8.64 (0.33) a
Teca	0.00 (0.07) b	0.00 (0.19) b	0.00 (0.08) b	0.00 (0.33) b
Guanábana	0.00 (0.04) b	0.00 (0.11) b	0.00 (0.05) b	0.00 (0.19) b

Medias por columna y año con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La densidad de la población de cochinilla rosada en sus diferentes estados biológicos fue significativamente diferente durante los dos años de muestreo en los tres hospederos evaluados. En 2009-2010 se presentaron las poblaciones más altas de cochinilla (Cuadro 3).

iguana" with respect to the other two hosts, the lowest density was recorded in soursop (Table 2). The density of nymphs and adult females was also significantly higher in "Rabo de iguana" in teak or that soursop. The total biological states of this pest was higher in "Rabo de iguana" (2.92 mealybugs/

Cuadro 3. Población de cochinilla rosada (\pm EE) por brote de todos los hospederos en Nayarit.

Table 3. Mealybug population (\pm SE) per shoot of all hosts in Nayarit.

Año	Ovisacos	Ninfas	♀ adultos	Total
2009-2010	0.24 (0.03) a	1.10 (0.09) a	0.33 (0.03) a	1.70 (0.13) a
2008-2009	0.06 (0.03) b	0.35 (0.08) b	0.06 (0.03) b	0.48 (0.13) b

Medias por columna con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Potencial de generaciones por año de la CRH en Nayarit.

Las estaciones climatológicas situadas en El Carrizal (municipio del Nayar), San José del Valle (Bahía Banderas), Santiago Ixcuintla (S. Ixcuintla) y Chapalanga (El Nayar), presentaron las mayores temperaturas promedio y por lo tanto la mayor acumulación de unidades calor durante el año. Estas fueron: 28.3, 27.9, 27.2 y 27.4 °C; 5,000.5, 4,891.0, 4653.8 y 4562.5 UC, respectivamente. De ésta manera, el total de generaciones potenciales por año, en la cercanía de estas estaciones climatológicas fueron de 14.4, 14.1, 13.4 y 13.2 para cada estación, respectivamente (Cuadro 4).

shoot), while the lowest (0.03 mealybugs/branch) occurred in soursop (Table 2). In the second year of study (2009-2010) populations were only "Rabo de iguana" (Table 2). By not registering mealybug populations in teak or soursop, obviously the amount of ovisacs, nymphs and adult females was higher in Rabo de iguana, that soursop or teak (Table 2).

The population density of mealybug in different biological states was significantly different during the two years of sampling in the three hosts tested. In 2009-2010 were presented higher mealybug populations (Table 3).

Cuadro 4. Acumulación de unidades Calor y potencial de generaciones de la CRH en las estaciones climatológicas de Nayarit.
Table 4. Accumulation of heat units and potential generations of PHM in the weather stations of Nayarit.

Estación Climatológica	Municipio	Altura (msnm)	Temp. media	UCA (GD)	Generaciones/año
Acaponeta	Acaponeta	31	25.1	3869.0	11.15
Ahuacatlán	Ahuacatlán	890	22.9	3066.0	8.84
A. de Cañas	A. de Cañas	1029	23.2	3248.5	9.36
Cacalután	Ixtlán del Río	900	24.5	3650.0	10.52
Capomal	Santiago Ixc.	27	26.2	4270.5	12.31
Cerro Blanco	S. M. del Oro	1000	21.0	2646.3	7.63
Chapalanga	El Nayar	320	27.4	4562.5	13.15
Cuastecomatillo	S. P. Lagunillas	720	23.8	3394.5	9.78
Cucharas	Huajicori	830	25.9	4161.0	11.99
C. de Huicicila	Compostela	960	21.8	2664.5	7.68
Despeñadero	El Nayar	340	26.6	4398.3	12.68
Gpe. Victoria	San Blas	*	25.6	4051.5	11.68
El Carrizal	El Nayar	*	28.3	5000.5	14.41
El Naranja	Ruiz	230	27.2	4635.5	13.36
El Refilión	Compostela	800	21.3	2828.8	8.15
El Tizate	Santiago Ixc.	19	26.4	4343.5	12.52
El Verdineño	Santiago Ixc.	*	26.3	4307.0	12.41
Huajicori	Huajicori	80	26.7	4434.8	12.78
Huajimic	La Yesca	1150	21.1	2901.8	8.36
Huaynamota	El Nayar	450	25.2	3905.5	11.26
Ixtlán del Río	Ixtlán del Río	920	21.1	3266.8	9.41
Jalcocotán	San Blas	200	22.8	3029.5	8.73
Jumatan	Tepic	371	23.9	3431.0	9.89
La Estancia	Huajicori	90	26.0	4179.3	12.04
Las Gaviotas	Compostela	50	26.2	4270.5	12.31
M. de P. y Pablo	Acaponeta	820	24.2	3558.8	10.26
Mexcaltitán	Santiago Ixc.	4	25.9	4161.0	11.99
Miravalles	Compostela	1000	22.4	2883.5	8.31
Pajaritos	Acaponeta	245	25.1	3850.8	11.1
Palmar de Cuautla	Santiago Ixc.	2	25.6	4051.5	11.68
Paso de Arocha	Compostela	20	25.2	3923.8	11.31
Presa del Baño	Tepic	840	22.1	2792.3	8.05
Puerta de P.	Ruiz	110	25.0	3832.5	11.04
Rosamorada	Rosamorada	44	25.7	4106.3	11.83
San Blas	San Blas	4	26.2	4252.3	12.25
San J. del Valle	B. de Banderas	20	27.9	4891.0	14.1
San Juan Peyotán	El Nayar	400	25.5	4015.0	11.57
San Marcos	Compostela	3	25.9	4161.0	11.99
San Pedro	Ruiz	24	25.6	4051.5	11.68
Santiago Ixc.	Santiago Ixc.	11	27.2	4653.8	13.41
Tecuala	Tecuala	40	25.0	3832.5	11.04
Tepic (SMN)	Tepic	917	21.0	2609.8	7.52
Tetitlán	Ahuacatlán	766	23.5	3303.3	9.52
Valle de B.	Bahía de B.	60	26.5	4380.0	12.62
Zacualpan	Compostela	20	25.0	3814.3	10.99

*No existen datos.

Por otra parte las estaciones con menor temperatura durante el año fueron: Tepic, Cerro Blanco y Cumbres de Hucicila, (Municipios de Tepic, Santa María del Oro y Compostela, respectivamente). Por lo tanto acumularon menor cantidad de unidades calor y teóricamente se tendría menor producción de generaciones de CRH por año con 7.5, 7.6 y 7.7, respectivamente (Cuadro 1). Si se considera que las estaciones climatológicas están situadas en poblaciones relacionadas con la actividad agropecuaria, debería esperarse que en las zonas de importancia agrícola o forestal pudieran ocurrir por lo menos siete y medio generaciones por año de la CRH en Nayarit. Sin embargo debe tomarse en cuenta que la predicción del número potencial de generaciones de CRH, la mayoría de las estaciones proyectan más de 10 generaciones por año (Figura 7).

Las estaciones climatológicas se encuentran a diferentes alturas sobre el nivel del mar (asnm), y en ellas ocurren diferentes temperaturas promedio durante el año. Esto influyó en el número de generaciones de CRH ya que la relación entre altura sobre el nivel del mar y número de generaciones por año fue negativa y significativa ($r = -0.79$, $Pr < 0.0001$). Esto indica que las estaciones climatológicas con mayor asnm resultaron con menor número de generaciones por año. Esto se explica porque la altura en que se sitúa cada estación climatológica determina las temperaturas de la misma durante el año. De esta manera, la correlación entre temperatura y número de generaciones de la CRH resultó positiva y significativa ($r = 0.9656$, $Pr < 0.0001$), por lo tanto en las estaciones climatológicas con mayor acumulación de unidades calor, se obtuvieron mayor número de generaciones por año (Figuras 6 y 7). Estos datos son de importancia porque en municipios en los que aún no se detecta la CRH, presentan condiciones altamente favorables para la reproducción de la especie. Esto es particularmente importante si se considera que en esos lugares se cuenta con una amplia gama de cultivos hospedantes naturales de CRH.

Actualmente la plaga se encuentra distribuida en los municipios de Bahía de Banderas y Compostela en el Sur de la entidad, así como en Acaponeta, Huajicori, Rosamorada, Ruiz, Santiago Ixcuintla, San Blas, Tecuala y Tuxpan en el norte del estado, las cuales se consideran zonas “en control fitosanitario”. También se ha detectado en pocos casos la presencia de la plaga en el municipio de Amatlán de Cañas y Ahuacatlán, así como en zona urbana

Potential of generations per year of PHM in Nayarit.

Climatological stations located in El Carrizal (Nayar Township), San José del Valle (Banderas Bay), Santiago Ixcuintla (S. Ixcuintla) and Chapalanga (El Nayar) had the highest average temperatures and therefore the greater accumulation of heat units during the year. These were: 28.3, 27.9, 27.2 and 27.4 °C, 5000.5, 4891.0, 4653.8 and 4562.5 UC, respectively. In this way, the total potential generations per year, in the vicinity of these weather stations were 14.4, 14.1, 13.4 and 13.2 for each station, respectively (Table 7).

Moreover, the stations with lower temperatures during the year were: Tepic, Cerro Blanco and Summits Hucicila, (municipalities of Tepic, Santa María del Oro and Compostela, respectively). Therefore fewer units accumulated heat and would theoretically lower production of PHM generations per year with 7.5, 7.6 and 7.7, respectively (Table 1). Considering that the weather stations are located in related populations farming, should be expected in areas of agricultural and forestry importance could occur at least seven and a half generations per year of PHM in Nayarit. However it should be noted that the prediction of the potential number of generations of PHM, most projected stations over 10 generations per year (Figure 7).

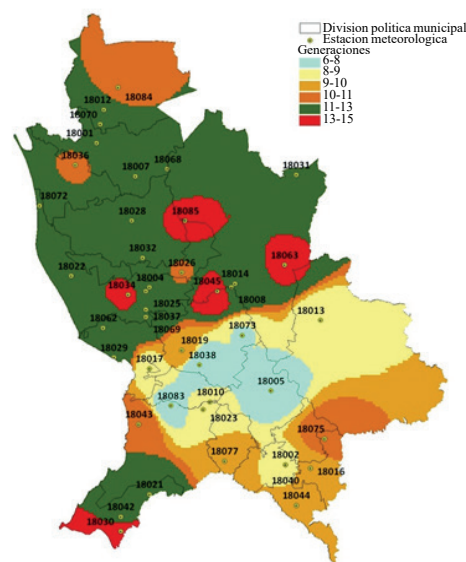


Figura 7. Áreas de Nayarit con el número potencial de generaciones por año de la CRH.

Figure 7. Nayarit areas with the potential number of generations per year of PHM.

The weather stations are at different heights above sea level (asnm), and they occur in different average temperatures throughout the year. This affected the number of generations of PHM as the relationship between height above sea level

y marginal de los Municipios de Tepic, El Nayar y Amatlán de Cañas, los cuales se están trabajando para mantenerlos bajo control (CESAVENAY, 2011).

Conclusiones

Las poblaciones más bajas de la CRH se registraron durante el periodo de lluvias de agosto a octubre, con poblaciones moderadas durante los periodos de bajas temperaturas de noviembre a febrero. Los promedios más altos ocurrieron durante el periodo sin lluvias y con temperaturas relativamente altas durante marzo-junio.

En el hospedante silvestre "rabo de iguana" (*Acacia* sp.) se registraron las densidades más altas de de la CRH respecto a guanábana y teca. En este hospedante se registró casi durante todo el año.

En la zona de importancia agrícola de Nayarit potencialmente se podrían producir hasta 14.5 generaciones por año de CRH. En los municipios actualmente libres de cochinilla rosada, se podrían producir un promedio de siete y media 11 generaciones por año. Potencialmente estarían en peligro cultivos como chile, frijol, tomate, caña de azúcar, pastos, plantas ornamentales, y especies forestales.

Agradecimientos

Este estudio fue realizado con el apoyo del Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT (2004-48122) y del Fondo Mixto Nayarit (2008-92232).

Literatura citada

- Babu, T. R. and Azam, K. M. 1987. Studies on biology, host spectrum and seasonal population fluctuation of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) on grapevine. Indian Jour. Hort. 44:284-288.
- Dutt, N.; Mukerjee, P. K. and Sen, G. N. 1951. Preliminary observations on the incidence of *Phenacoccus hirsutus* Green and effect on the growth of *Hibiscus sabdariffa* L. and *V. altissima* Hort. Indian J. Agric. Sci. 21:231-237.
- CESAVENAY. 2011. Internet Website. http://cesavenay.org.mx/?page_id=45 (consultado marzo, 2011).

and number of generations per year was negative and significant ($r=-0.79$, $Pr < 0.0001$). This indicates that more asnm weather stations were less number of generations per year. This is because the height that each weather station is located determines the temperatures of the same during the year. Thus, the correlation between temperature and the number of generations of PHM was positive and significant ($r= 0.9656$, $Pr < 0.0001$), therefore in most weather stations heat accumulation units is obtained higher generations year (Figures 6 and 7). These data are important because in municipalities that have not yet detected PHM, have highly favorable conditions for the reproduction of the species. This is particularly important considering that in those places has a wide range of natural host crops PHM.

Currently the pest is distributed in the municipalities of Bahía de Banderas and Compostela in the South of the entity, as well as Acaponeta, Huajicori, Rosamorada, Ruiz, Santiago Ixcuintla, San Blas, and Tuxpan Tecuala upstate, which areas are considered "in control plant". Has also been detected in a few cases the presence of the pest in the town of Canas and Ahuacatlán Amatlán and in marginal urban areas and municipalities of Tepic, El Nayar and Amatlán de Cañas, which are working to keep them under Control (CESAVENAY, 2011).

Conclusions

Lower populations of PHM were recorded during the rainy season from August to October, with moderate populations during periods of low temperatures from November to February. The highest average occurred during the rainless period and relatively high temperatures during March to June.

In the wild host "Rabo de iguana" (*Acacia* sp.) Recorded the highest densities of PHM regarding soursop and teak. This host was recorded almost throughout the year.

In the area of agricultural importance of Nayarit potentially could produce up to 14.5 generations per year of PHM. In municipalities currently free of mealy bug, it could cause an average seven and a half 11 generations per year. Potentially be in danger crops like chili, beans, tomatoes, sugar cane, grasses, ornamental plants and tree species.

End of the English version



- Chong, J. H.; Roda, A. L. and Mannion, C. M. 2008. Life history of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 37(2):323-332).
- González-Gaona, E.; Sánchez-Martínez, G.; Zhang, A.; Lozano-Gutiérrez, J. y Carmona-Sosa, F. 2010. Validación de dos compuestos feromonales para el monitoreo de la cochinilla rosada del hibisco en México. *Agrociencia.* 44(1):65-73.
- Ghose, S. K. 1971. Morphology of various instar of both sexes of the mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae: Hemiptera). *Indian J. Agric. Sci.* 41:602-611.
- Hoy, M.A.; Hamon, A. and Nguyen, R. 2002. Pink hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida. Publication number: EENY-29:6.
- Mani, M. 1989. A review of the pink mealybug *Maconellicoccus hirsutus* Green. *Insect Sci. Applic.* 10:157-167.
- Meyerdirk, D. E.; Warkentin, R.; Attavian, B.; Gersabeck, E.; Francis, A.; Adams, M. y Francis, G. 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.
- Reddy, R. A. and Narayana L. K. 1986. Biology and control of grape mealybug. *Indian Grape J.* 2:30-39.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Version 9. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Singh, M. P. and Ghose, S. N. 1970. Studies on *Maconellicoccus (Phenacoccus) hirsutus* Green causing "bunchy top" in Mesta. *Indian J. Sci. Industry.* 4:99-105.
- Urías, L. M. A. 2006. Principales plagas del mango en Nayarit. *In: el cultivo del mango: principios y tecnología de producción.* Vázquez, V. V y Pérez, B. H. P. (Eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Santiago Ixcuintla Nay. Libro técnico Núm. 1. 321 pp.
- Vitullo, J.; Wang, S.; Zhang, A.; Mannion, C. and Bergh, J. C. 2007. Comparison of sex pheromone traps for monitoring pink hibiscus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 100:405-410.
- Wagner, T. L.; Wu, H.; Sharpe, P. J. H.; Schoolfield, R. M. and Coulson, R. N. 1984. Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77:208-225.
- Williams, D. J. 1986. The identity and distribution of the genus *Maconellicoccus* Ezzat (Hemiptera: Pseudococcidae) in Africa. *Bull. Ent. Res.* 76:351-357.
- Williams, D. J. 1996. A brief account of the hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), a pest of agriculture and horticulture, with descriptions of two related species from southern Africa. *Bull. Ent. Res.* 86:617-628.
- Zhang, A. and Amalin, D. 2005. Sex pheromone of the female Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae): Biological activity evaluation. *Environ. Entomol.* 34:264-270.