

## Artículo por invitación:

### Revisión:

***Capulinia linarosae* Kondo y Gullan, 2016: Historia y situación actual como plaga del guayabo, *Psidium guajava* L. en Venezuela**

### Article by Invitation:

#### Review:

*Capulinia linarosae* Kondo and Gullan, 2016: History y current situation as guava pest, *Psidium guajava* L. in Venezuela

### Artigo por convite:

#### Revisão:

*Capulinia linarosae* Kondo e Gullan, 2016: História e status atual como uma praga de goiabeira, *Psidium guajava* L. na Venezuela

Dorys T. Chirinos<sup>1,2\*</sup>, Gustavo Romay<sup>3</sup>, Carlos E. Fernandez<sup>4</sup>  
y Rossana Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Técnica Fitosanitaria, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. Correo electrónico: dtchirinos@gmail.com. <sup>2</sup>Laboratorio de Entomología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador. Correo electrónico: rcastro@uagraria.edu.ec. <sup>3</sup>Phytopathology, Earth and Life Institute, Université Catholique de Louvain. Croix du Sud 2 Bte L07.05.03, 1348 Louvain-la-Neuve Belgium. Correo electrónico: gromay@gmail.com. <sup>4</sup>Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. Correo electrónico: cfernandez@fa.luz.edu.ve.

## Resumen

La mota blanca del guayabo, *Capulinia* sp. (Hemiptera:Eriococcidae) apareció en 1993 como problema de plagas en el cultivo del guayabo, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) en Venezuela. Durante los años siguientes a su aparición devastó

---

Recibido el 13-03-2017 • Aceptado el 20-06-2017

\*Autor de correspondencia. Correo electrónico: dtchirinos@gmail.com

más de 600 ha de guayabo en la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia principal zona productora de ese cultivo en ese entonces. La forma violenta como se desarrollaron los primeros focos de infestación hizo pensar que se trataba de desbalances en el control natural de alguna de las especies de escamas asociadas al cultivo. Sin embargo, fue determinado que se trataba de una especie nueva para la ciencia. Posteriormente en 1996 fue detectado parasitismo por *Metaphycus* sp. (Hymenoptera:Encyrtidae) que disminuyó los daños causados por esta especie fitófaga. Recientemente se reportó su descripción como *Capulinia linarosae* Kondo y Gullan. Coincidiendo con esa descripción y dada la importancia que la misma tiene, se hace una revisión y análisis de la evolución de *C. linarosae* como problema de plaga en este importante frutal para Venezuela.

**Palabras clave:** Coccoidea, cochinilla de fieltro, escama, manejo de plagas, control biológico.

### Abstract

From 1993 guava cottony scale *Capulinia* sp. (Hemiptera:Eriococcidae) became a pest on guava, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), in Venezuela. Since then, guava cottony scale has devastated more than 600 ha of guava fields in Maracaibo's heigth plain, Zulia state. The first outbreaks of this insect were thought to be associated with unbalanced relationships between natural enemies and one of the many scales previously reported on guava. However, further studies showed that this insect was actually new species and more recently described as *Capulinia linarosae* Kondo and Gullan. In 1996, the parasitoid wasp, *Metaphycus* sp. (Hymenoptera:Encyrtidae) was found attacking *C. linarosae*, lowering the damage of this insect in guava fields. Altogether, this review aims to analyze the evolution of *C. linarosae* as one of the mayor constraints for guava production in Venezuela.

**Key words:** Coccoidea, eriococcid, scale insect, pest management, biological control.

### Resumo

O felpudo branco da goiaba, *Capulinia* sp. (Hemiptera:Eriococcidae) apareceu em 1993 como um problema de praga no cultivo de goiaba, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), na Venezuela. Durante os anos seguintes a sua aparência devastada mais de 600 hectares de goiaba no planalto de Maracaibo, estado Zulia principal área produtora da cultura na época. A violenta como o primeiro foco de infestação foi pensado que esta era desequilíbrios no controle natural de qualquer das espécies de escalas associadas com o cultivo desenvolvido. No entanto, determinou-se que era uma espécie nova para a ciência. Mais tarde, em 1996, que foi detectado por parasitismo *Metaphycus* sp. (Hymenoptera:Encyrtidae) diminuiu o dano causado por esta espécie fitófagas. Sua descrição como *Capulinia linarosae* Kondo e Gullan

informou-se recentemente. Coincidindo com essa descrição e dada a importância que ele tem, uma revisão e análise da evolução da *C. linarosae* como problema de pragas neste importante frutas para Venezuela é feito.

**Palavras-chave:** Coccoidea, cochonilha sentiu, floco, manejo de pragas, controle biológico.

## Introducción

La mota blanca del guayabo, originalmente conocida como *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering o como *Capulinia* sp. (Hemiptera:Eriococcidae) fue reportada como plaga del guayabo, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) en Venezuela desde 1993 (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997; Gould y Raga, 2002; Aular y Casares, 2011). Durante los dos años subsiguientes a su aparición, devastó más de 600 ha de huertos en la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia (municipios Mara, Maracaibo y Páez) (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997), considerada para entonces la zona productora más importante de este rubro en el país (Araujo *et al.*, 1997). La forma violenta como se desarrollaron los primeros focos de infestación por *Capulinia* sp., hizo pensar que había desequilibrios en el control natural de alguna de las especies de escamas asociadas con este cultivo en el país, como consecuencia del uso frecuente de insecticidas (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997). No obstante, se trataba en ese entonces de una nueva especie para Venezuela y para la ciencia según el Dr. Douglas R. Miller, (Systematic Entomology Laboratory, USDA, EE.UU.) (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997). La falta de un efectivo control natural sugería la existencia de un

## Introduction

Guava cottony scale, originally known as *Capulinia* sp. close to *jaboticabae* von Ihering or as *Capulinia* sp. (Hemiptera: Eriococcidae) was reported as guava pest, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) in Venezuela since 1993 (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997; Gould and Raga, 2002; Aular and Casares, 2011). Two years after its appearance this pest, devastated more than 600 ha of orchard in Maracaibo's height plain, Zulia state (Maracaibo, Mara and Páez municipalities) (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997), considered by that time the most important producing area for this category in the country (Araujo *et al.*, 1997). The violent way *Capulinia* sp. emerged, made people think that there were imbalances in the natural control of any of the species of scales associated with this crop in the country as a result of the frequent use of insecticides (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997). However, by that time it was a new species for Venezuela and for the science according to Dr. Douglas R. Miller (Systematic Entomology Laboratory, USDA, USA) (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997). The lack of an effective natural control suggested the existence of a colonization process of new areas by this species, leaving behind their most specific and efficient natural enemies

proceso de colonización de nuevas áreas por parte de esta especie, habiendo dejado atrás a sus enemigos naturales más específicos y eficientes como reguladores poblacionales (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997).

A principios de 1996, fue detectado un parasitoide primario perteneciente a la familia Encyrtidae (Chirinos, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a; Chirinos, 2004), el cual fue posteriormente identificado por el Dr. John Noyes (Natural History Museum, Londres, Inglaterra), como una especie no determinada de *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) (Chirinos-Torres *et al.*, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a), que según él mismo, presenta una morfología inusual dentro del género. Este parasitoide ataca principalmente hembras adultas de *Capulinia* sp. Posteriormente a su detección, el mismo se encontró asociado con *Capulinia* sp. en la mayor parte de su distribución geográfica, lo que sugiere que pudo seguir al hospedero en el proceso de dispersión a lo largo y ancho del país (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a).

Las primeras evaluaciones experimentales de campo, mostraron la efectividad del parasitoide para regular las poblaciones de su insecto hospedero en la zona noroccidental del estado Zulia, Venezuela (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). A pesar de esto y que las infestaciones por *Capulinia* sp. disminuyeron sensiblemente desde la aparición del parasitoide, ese fitófago no deja de ser una preocupación para los productores de guayaba (Chirinos *et al.*, 2007; Chirinos y Geraud-Pouey,

as population controllers (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997).

At the beginning of 1996, a primary parasitoid wasp was detected which belonged to the Encyrtidae family (Chirinos, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a; Chirinos, 2004), and was later identified by the Dr. John Noyes (Natural History Museum, London, England), as an undetermined kind of *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) (Chirinos-Torres *et al.*, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a), which according to Dr. John it presents an unusual morphology within the genus. This parasitoid mainly attacks adult females of *Capulinia* sp. Subsequent to its detection, it was associated with *Capulinia* sp. in most of its geographical distribution, suggesting that it could have followed the host in the dispersing process throughout the country (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a).

The first experimental field evaluations showed the effectiveness of the parasitoid wasp to regulate populations of its host insect in the northwest of Zulia state, Venezuela (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). Even though *Capulinia* sp. decreased significantly since the emergence of the parasitoid, that phytophagous continues to worry guava producers (Chirinos *et al.*, 2007; Chirinos and Geraud-Pouey, 2011), especially in the southern of Maracaibo's Lake, where the largest area of this fruit orchards was subsequently concentrated (Chirinos *et al.*, 2007; Ramírez *et al.*, 2010). In this concern, the marked ignorance about this host-parasitoid relationship had an influence within

2011), especialmente en la zona sur de la cuenca del Lago de Maracaibo, donde posteriormente se concentró la mayor superficie de huertos de este frutal (Chirinos *et al.*, 2007; Ramírez *et al.*, 2010). En esta preocupación influye el marcado desconocimiento acerca de esta relación hospedero-parasitoide, dentro del contexto dinámico del control natural en los huertos. La consecuente incertidumbre, induce a los agricultores a la frecuente aplicación de insecticidas, afectando el equilibrio poblacional de ésta y otras especies fitófagas, lo cual parece estar generando otros problemas de plagas, tales como trips, chinches de encaje y ácaros que causan bronceado de frutos (Chirinos *et al.*, 2007; Chirinos y Geraud-Pouey, 2011).

Dada la importancia que este insecto adquirió como problema desde su aparición hace más de 20 años y que mantiene en la actualidad, el presente trabajo tuvo como objetivo hacer una revisión y análisis de la evolución de esta especie de *Capulinia* como problema de plaga en Venezuela. Dicha especie ha sido recientemente descrita como *Capulinia linarosae* Kondo y Gullan 2016 (Kondo *et al.*, 2016), en honor a Lina Rosa Chirinos Torres quien fue la primera persona en trabajar en experimentos de campo para su control como parte de su investigación de grado para alcanzar el título de Ingeniera Agrónoma.

### **Taxonomía, especies del género, plantas hospederas y distribución geográfica**

*Capulinia linarosae* pertenece a la Clase Insecta, Orden Hemiptera, Suborden Sternorrhyncha, según la clasificación de Sorensen *et al.* (1995) y, dentro de este último, al

the dynamic context of the natural control in orchards. The consequent uncertainty, induces farmers to the frequent application of insecticides, affecting the population balance of this and other phytophagous species, which seems to be generating other pest problems such as trips, lace bugs and mites that cause fruits browning (Chirinos *et al.*, 2007; Chirinos and Geraud-Pouey, 2011).

The aim of this research is to make a review and analysis of the evolution of this species of *Capulinia* as a pest problem in Venezuela, given the importance that this insect acquired as a problem since its inception over 20 years ago. This species has recently been described as *Capulinia linarosae* Kondo and Gullan 2016 (Kondo *et al.*, 2016), in honor to Lina Rosa Chirinos Torres who was the first person to work in field experiments for its control as part of her research paper to get the title of agronomist.

### **Taxonomy, genus species, host plants and geographic distribution**

*Capulinia linarosae* belongs to the Insecta class, Hemiptera order, Sternorrhyncha suborder, according to the classification of Sorensen *et al.* (1995) and, within the latter, to the infraorder Coccoomorpha (Williams and Hodgson, 2014). *Capulinia* genus was described by Signoret (1875) as monotypic from the species *C. sallei*. It is currently composed of six described species: *C. sallei* (Signoret, 1875), *C. jaboticabae* (von Ihering, 1898), *C. crateraformis* (Hempel, 1900), *C. orbiculata* (Hoy, 1958), *C. luma* Kondo and Gullan, 2016 and *C. linarosae*

Infraorden Coccoomorpha (Williams y Hodgson, 2014). El género *Capulinia* fue descrito por Signoret (1875) como monotípico a partir de la especie *C. sallei*. Actualmente está compuesto por seis especies descritas: *C. sallei* (Signoret, 1875), *C. jaboticabae* (von Ihering, 1898), *C. crateraformis* (Hempel, 1900), *C. orbiculata* (Hoy, 1958), *C. luma* Kondo y Gullan, 2016 y *C. linarosae* Kondo y Gullan, 2016 (Kondo *et al.*, 2016).

Para todas las especies de *Capulinia* se reportan plantas hospederas pertenecientes a la familia Myrtaceae; *C. crateraformis* y *C. jaboticabae* sobre *Eugenia jaboticaba* (Vell.) Kiaersk (von Ihering, 1898; Hempel, 1900; Lepage y Giannotti, 1943; Kondo *et al.*, 2005), *C. orbiculata* sobre *Metrosideros robusta* (A. Cunn.) y *M. umbellata* (Cav.) (Hoy, 1958) y *C. sallei* sobre *E. axillaris* (Sw.) Willd. y *E. tuberculata* O. Berg. (Hoy, 1963). No obstante, *C. sallei* además está reportada sobre una Elaeocarpaceae, *Muntingia calabura* L. (Townsend y Cockerell, 1898; Hoy, 1958; Mestre *et al.*, 2011). *Capulinia luma* se alimenta de *Luma apiculata* (DC) Burret (Kondo *et al.*, 2016) y *C. linarosae* de *P. guajava* reportándose además esporádicas colonias sobre *P. friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. (Geraud-Pouey y Chirinos, 1999; Chirinos *et al.*, 2003).

En cuanto a la distribución geográfica, con excepción de *C. orbiculata* que se circunscribe a la región Australasia, específicamente reportado para Nueva Zelanda (Hoy, 1958), el resto de las especies tiene origen Neotropical (Kondo *et al.*,

Kondo and Gullan, 2016 (Kondo *et al.*, 2016).

For all *Capulinia* species are reported host plants belonging to the Myrtaceae family; *C. crateraformis* and *C. jaboticabae* on *Eugenia jaboticaba* (Vell.) Kiaersk (von Ihering, 1898; Hempel, 1900; Lepage and Giannotti, 1943; Kondo *et al.*, 2005), *C. orbiculata* on *Metrosideros robusta* (A. Cunn.) and *M. umbellata* (CAV.) (Hoy, 1958) and *C. sallei* on *E. axillaris* (Sw.) Willd. and *E. tuberculata* O. Berg. (Hoy, 1963). However, *C. sallei* is also reported on Elaeocarpaceae, *Muntingia calabura* L. (Townsend and Cockerell, 1898; Hoy, 1958; Mestre *et al.*, 2011). *Capulinia luma* is fed by *Luma apiculata* (DC) Burret (Kondo *et al.*, 2016) and *C. linarosae* of *P. guajava* reporting sporadic colonies of *P. friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. (Geraud-Pouey and Chirinos, 1999; Chirinos *et al.*, 2003).

Regarding the geographical distribution, excepting *C. orbiculata* which is confined to the Australasia region, specifically reported for New Zealand (Hoy, 1958), the rest of the species has Neotropical origin (Kondo *et al.*, 2016). Thus, *C. sallei* refers to Mexico and Cuba (Signoret, 1875; Ferris, 1955; Hodgson and Miller, 2010), *C. crateraformis* and *C. jaboticabae* to Brazil (Townsend and Cockerell, 1898; Hempel, 1900), *C. luma* recently described for Argentina (Kondo *et al.*, 2016) and *C. linarosae* originally reported only in Venezuela (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997), and recently cited in the North of Colombia, causing damage on *P. guajava* (Kondo *et al.*, 2016).



2016). Así, *C. sallei* se refiere para México y Cuba (Signoret, 1875; Ferris, 1955; Hodgson y Miller, 2010), *C. crateriformis* y *C. jacobitabae* para Brasil (Townsend y Cockerell, 1898; Hempel, 1900), *C. luma* recientemente descrita para Argentina (Kondo *et al.*, 2016) y *C. linarosae* originalmente reportada solo en Venezuela (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997), recientemente ha sido citada para el norte de Colombia causando daños sobre *P. guajava* (Kondo *et al.*, 2016).

### **Primera evaluación de insecticidas para el control de *C. linarosae***

Posteriormente al reporte e identificación de la plaga (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997) y mientras se generaban alternativas de manejo más estables, era urgente evaluar algunos tratamientos en campo para mantener los huertos de guayabo vivos con un menor costo operativo frente a las excesivas aplicaciones de insecticidas que los agricultores hacían para intentar controlar los daños causados por esta especie fitófaga. Por esta razón, Chirinos-Torres *et al.* (2000) realizaron el primer trabajo experimental de campo, con el fin de evaluar varios tratamientos con insecticidas durante el año 1995. En ese estudio fueron incluidos insecticidas frecuentemente recomendados para escamas o cochinillas harinosas tales como, aceite mineral, detergente industrial, malathion, así como otros a base de cipermetrina y clorpirifos, todos comparados contra un testigo sin aplicaciones. El último insecticida mencionado era utilizado por los agricultores, quienes observaron por

### **First insecticides evaluation for the control of *C. linarosae***

After the report and identification of the pest (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997) and while more stable management alternatives were generating, it was urgent to assess some treatments in the field to keep guava orchards alive with a lower operating cost compared to excessive applications of insecticides that farmers made to try to control the damage caused by this phytophagous. For this reason, Chirinos-Torres *et al.* (2000) conducted the first experimental field work in order to evaluate different treatments with insecticide during 1995. In this study were included insecticides often recommended for scale or mealybugs, such as industrial detergent, mineral oil, malathion, as well as others based on cypermethrin and chlorpyrifos, all compared against a witness without applications. The last mentioned insecticide was used by farmers who observed by trial and error its effectiveness for controlling this pest, but with high-frequency applications. The researchers found smaller populations in those plants treated with chlorpyrifos, experimentally confirming its effectiveness, previously observed by farmers. The contribution of this work consisted of showing that when increasing the application of chlorpyrifos intervals the effectiveness for control remained, decreasing at the same time the operating costs for this problem; thus, reducing the effects on natural enemies and other phytophagous arthropods associated to guava cultivation.

prueba y error, su efectividad para el control de esta plaga, pero con altas frecuencias de aplicaciones. Los investigadores encontraron menores poblaciones en aquellas plantas tratadas con clorpirifos, corroborando experimentalmente su efectividad, previamente observada por los agricultores. El aporte de este trabajo para la época consistió en la demostración que, aumentando los intervalos de aplicación de clorpirifos se mantenía la efectividad para el control, a la vez se disminuían los costos operativos por esta causa y se reducían los efectos sobre los enemigos naturales y otros artrópodos fitófagos asociados al cultivo del guayabo.

### **Biología y evaluación de plantas hospederas experimentales de *C. linarosae***

Luego de acometer la urgente situación en la que se encontraban los huertos de guayabo, era necesario profundizar otros aspectos, entre los que resaltaba el estudio de la biología de *C. linarosae* en condiciones de laboratorio sobre *P. guajava*, *P. friedrichsthalianum* y *P. guineense* Sw. (Geraud-Pouey y Chirinos, 1999; Chirinos *et al.*, 2003; Chirinos *et al.*, 2004) para tratar de aproximar la amplitud de plantas hospederas de esta especie.

*Capulinia linarosae* se caracteriza por ser un insecto chupador que se alimenta del floema ubicándose debajo de la corteza del tallo y de las ramas, pero también puede ser encontrado sobre hojas y frutos (Chirinos *et al.*, 2004). Los estudios de biología realizados sobre *P. guajava* por Chirinos *et al.* (2004) demostraron que la hembra pasa por dos estadios ninfales y el macho

### **Biology and assessment of experimental hosts plants of *C. linarosae***

After undertaking the urgent situation in which guava orchards were, it was necessary to deepen other aspects, among which emphasized the biology study of *C. linarosae* in laboratory conditions on *P. guajava*, *P. friedrichsthalianum* and *P. guineense* Sw. (Geraud-Pouey and Chirinos, 1999; Chirinos *et al.*, 2003; Chirinos *et al.*, 2004) to try to approximate the extent of hosts plant of this species.

*Capulinia linarosae* is characterized as a sucking insect fed by the phloem located beneath the bark of the stem and branches, but can also be found on leaves and fruits (Chirinos *et al.*, 2004). Biology studies on *P. guajava* by Chirinos *et al.* (2004) showed that the female undergoes two nymph stages and the male four. They also noted that eggs lasted approximately 8 days and, in the case of the female, this completed the nymph phase (first and second nymph phase) after 14 days, while it reached approximately 56 days of longevity as an adult. Regarding the male, researchers noted that the nymph stage had duration of approximately 27 days; in contrast, they observed that the longevity of adult did not exceed 2 days. Given the great longevity detected for female, Chirinos *et al.* (2004) indicated that the damage caused to the plant could mainly be attributed to the female, since the male as well as its short life, is only fed during the first stage and part of the second.

Additionally, Chirinos *et al.* (2003) found that on this kind of plant, the female can place more than 2,400



por cuatro. Igualmente observaron que los huevos tenían una duración de aproximadamente 8 días y, en el caso de la hembra, ésta completaba la fase de ninfa (primer y segundo estadio ninfal) después de 14 días, mientras que alcanzaba unos 56 días de longevidad como adulta. Respecto al macho, los investigadores señalaron que el estadio ninfal tenía una duración de aproximadamente 27 días, en contraste, observaron que la longevidad del adulto no superaba los 2 días. Dada la gran longevidad detectada para la hembra, Chirinos *et al.* (2004) indicaron que el daño causado a la planta podría ser principalmente atribuido a la hembra, ya que el macho además de su corto período de vida, solo se alimenta durante el primer estadio y parte del segundo.

Aunado a esto, Chirinos *et al.* (2003) encontraron que, sobre esta especie de planta, la hembra es capaz de colocar más de 2.400 huevos, completando una generación en 45,37 días, tiempo en el que puede multiplicarse 1.090,81 veces. Por tales razones, los mencionados investigadores concluyeron que esto explicaría razonablemente las altas infestaciones encontradas en el campo, especialmente en la época de colonización de nuevas zonas en ausencia de enemigos naturales específicos y que ese potencial para desarrollar poblaciones justifica en parte la importancia que tiene como plaga del cultivo del guayabo en Venezuela.

Por otro lado, durante la realización de diferentes evaluaciones

eggs, completing a generation in 45.37 days, time that can multiply 1,090.81 times. For these reasons, the above researchers concluded that this would explain reasonably high infestations found in the field, especially during colonization of new areas in the absence of specific natural enemies, and that this potential to develop populations partly justifies the importance of this pest in guava crops in Venezuela.

On the other hand, during different biological evaluations of the insect it was detected that the presence of bark removals in *P. guajava* had a marked physical effect on the survival of first-stage nymphs (Geraud-Pouey *et al.*, 2001b; Chirinos *et al.*, 2003). For plants with bark removal, both natural and artificial, it was found more survival of these nymphs compared with those who had less or had no removals, which experimentally corroborates their need to protect themselves and establish (Geraud-Pouey *et al.*, 2001b).

Biology studies of *C. linarosae* previously performed by Geraud-Pouey and Chirinos (1999) and then by Chirinos *et al.* (2003) on plants species of *P. friedrichsthalianum* and *P. guineense*, contributed to differentiate between two situations. The first, represented by *P. guineense* on which *C. linarosae* failed to survive beyond the first stage, leaving this plant species apart from the possible host of the insect and the second with *P. friedrichsthalianum*, where high mortality, relative long duration of development and extremely low fecundity of the insect showed the poor potential to develop populations

biológicas del insecto se detectó que la presencia de exfoliaciones de corteza en *P. guajava* tenían un marcado efecto físico sobre la supervivencia de las ninfas de primer estadio (Geraud-Pouey *et al.*, 2001b; Chirinos *et al.*, 2003). Para plantas con exfoliaciones de corteza, tanto naturales como artificiales, se encontró una mayor supervivencia de estas ninfas comparado con aquellas que poseían menos o no tenían exfoliaciones, lo que corrobora experimentalmente la necesidad de las mismas, para protegerse y allí establecerse (Geraud-Pouey *et al.*, 2001b).

Los estudios de biología de *C. linarosae* realizados previamente por Geraud-Pouey y Chirinos (1999) y luego por Chirinos *et al.* (2003) sobre las especies de plantas, *P. friedrichsthalianum* y *P. guineense*, contribuyeron a diferenciar dos situaciones. La primera, representada por *P. guineense* sobre la cual *C. linarosae* no logró sobrevivir más allá del primer estadio, dejando a esta especie de planta al margen de las posibles hospederas del insecto y la segunda con *P. friedrichsthalianum*, donde la alta mortalidad, la relativa larga duración del desarrollo y la extremadamente baja fecundidad del insecto, indicaban su pobre potencial para desarrollar poblaciones sobre esta especie de planta. Sin embargo, aunque con dificultades, *C. linarosae* logró desarrollar pequeñas poblaciones sobre *P. friedrichsthalianum*, convirtiéndola en potencial planta hospedera del insecto, en caso de aumentar la presión de selección hacia la misma. Estos hallazgos permitieron concluir

of this plant species. Although with difficulties *C. linarosae* managed to develop small populations on *P. friedrichsthalianum*, becoming potential host plant of insect if the selection pressure towards it increases. These findings made it possible to conclude that biochemical factors associated with these plant species could determine the differential behavior of insect, and based on the importance of *C. linarosae* as a plague of guava crop, the physical condition of the cortex and the biochemical characteristics of the plant could be resistance factors to the insect.

#### **Population fluctuation and natural enemies associated with *C. linarosae***

Both the population fluctuation of *C. linarosae* and the associated natural enemies have shown changes since this species appeared as a problem in 1993. These fluctuations may be divided into two eras, before and after the detection of the parasite species of the genus *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in 1996.

Before 1996, high populations of *C. linarosae* were observed on guava plants in Aragua and Zulia states (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997; Chirinos-Torres *et al.*, 2000). These populations were experimentally quantified by Chirinos-Torres *et al.* (2000) during April-September 1995 in plots without applications of insecticides to estimate the levels that this bug could reach. High populations reached in an area of 50 cm<sup>2</sup> of stem showed two peaks, one of 150 individuals in June and another of 230 individuals in

que factores bioquímicos asociados con estas especies de plantas podrían determinar el comportamiento diferencial del insecto y con base a la importancia de *C. linarosae* como plaga del cultivo del guayabo, la condición física de la corteza y las características bioquímicas de la planta, podrían constituir factores de resistencia al insecto.

### **Fluctuación poblacional y enemigos naturales asociados con *C. linarosae***

Tanto la fluctuación poblacional de *C. linarosae* como los enemigos naturales asociados, han mostrado cambios desde que esta especie apareció como problema en 1993. Esas fluctuaciones podrían ser divididas en dos épocas, antes y después de la detección de la especie de parasitoide del género *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) en 1996.

Antes de 1996, fueron observadas altas poblaciones de *C. linarosae* sobre plantas de guayabo en los estados Aragua y Zulia (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997; Chirinos-Torres *et al.*, 2000). Dichas poblaciones fueron cuantificadas experimentalmente por Chirinos-Torres *et al.* (2000) durante el período abril-septiembre de 1995 en parcelas sin aplicaciones de insecticidas para estimar los niveles que este insecto podía alcanzar. Las altas poblaciones alcanzadas en un área de 50 cm<sup>2</sup> de tallo mostraron dos picos, uno de 150 individuos en junio y el otro de 230 individuos en agosto, y estuvieron asociadas con bajos niveles de enemigos naturales (1,1 a 1,3 individuos rama<sup>-1</sup>). De hecho, debido a las altas poblaciones detectadas,

August, and were associated with low levels of natural enemies (1.1 to 1.3 individuals branches<sup>-1</sup>). In fact, due to high populations detected, the study concluded that the present natural enemies were insufficient and little specific, suggesting that the absence of an effective parasitism possibly constituted a limiting factor for the regulation of populations of this phytophagous insect.

During these operations associated with *C. linarosae* unidentified individuals of Chrysopidae (Neuroptera) and Coccinellidae (Coleoptera) were observed (Chirinos-Torres *et al.*, 2000). Previously, Cermeli and Geraud-Pouey (1997) identified at the national level, some predatory species belonging to the family Coccinellidae, such as: *Azia orbiger* Mulsant, *Curinus colombianus* Chapin and *Chilocorus cacti* (L.).

There were drastic changes in the population fluctuation of *C. linarosae* in plots where no chemical insecticides were applied (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a; Chirinos, 2004) after the detection of *Metaphycus* in 1996 (Chirinos-Torres *et al.*, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). The trial carried out by Geraud-Pouey *et al.* (2001a) to assess the effectiveness of parasitism, using the exclusion technique (Luck *et al.*, 1999; Badii *et al.*, 2004), determined that in those branches completely exposed and without insecticide applications, the number of individuals present in a 25 cm<sup>2</sup> area was under (12 individuals on average) during the entire period of study; associated with high levels

el estudio concluyó que los enemigos naturales presentes resultaron insuficientes y poco específicos, lo que sugirió que la ausencia de un parasitismo efectivo posiblemente constituyó una limitante para la regulación de poblaciones de este insecto fitófago.

Durante la realización de estos trabajos, asociados con *C. linarosae* fueron observados individuos no identificados de Chrysopidae (Neuroptera) y de Coccinellidae (Coleoptera) (Chirinos-Torres *et al.*, 2000). Previamente Cermeli y Geraud-Pouey (1997) identificaron, a nivel nacional, algunas especies depredadoras pertenecientes a la familia Coccinellidae, tales como: *Azia orbigera* Mulsant, *Curinus colombianus* Chapin y *Chilocorus cacti* (L.).

A partir de la detección de *Metaphycus* en 1996 (Chirinos-Torres *et al.*, 2000; Geraud-Pouey *et al.*, 2001a) hubo cambios drásticos en la fluctuación poblacional de *C. linarosae* en lotes donde no se aplicaban insecticidas químicos (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a; Chirinos, 2004). El ensayo realizado por Geraud-Pouey *et al.* (2001a) para evaluar la efectividad del parasitismo, utilizando la técnica de la exclusión (Luck *et al.*, 1999; Badii *et al.*, 2004), determinaron que en aquellas ramas completamente expuestas y sin aplicaciones de insecticidas, el número de individuos presentes en una área de 25 cm<sup>2</sup> fue bajo (12 individuos en promedio) durante todo el período de estudio, lo que estuvo asociado con altos niveles de parasitismo por *Metaphycus* sp.

of parasitism by *Metaphycus* sp. Given to those results, researchers referred to compare those with the ones previously obtained by Chirinos-Torres *et al.* (2000), indicating that during the performance of this experiment, the high reproductive potential of *C. linarosae*, given by the lack of effective natural enemies, allowed high infestations found in the control without insecticides; meanwhile, in the research, the action of *Metaphycus* sp., as a regulatory factor acting on populations of *C. linarosae* from 1996, explained the differences found.

Another study carried out during August 2001-August 2002, stated lower population levels of *C. linarosae* compared with those detected in 1995, which were negatively correlated with the presence of *Metaphycus* sp. and several species of predators (Chirinos, 2004). Kapranas and Tena (2015) referred that several species of soft scales were naturally controlled by a set of natural enemies, among which highlighted coccinellids, lacewings and parasitic Hymenoptera; in the latter group were included those belonging to the genus *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae).

Independent studies on inventories of natural enemies associated with *C. linarosae* have been carried out. Camacho *et al.* (2002) in a study conducted in commercial guava plantations of several producing areas of Zulia state observed *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) depredating *Capulinia* sp. Chirinos (2004) detected a unidentified fungus infecting *C. linarosae* which

Dado esos resultados, los referidos investigadores los contrastaron con aquellos obtenidos previamente por Chirinos-Torres *et al.* (2000), indicando que durante la conducción de ese experimento, el alto potencial reproductivo de *C. linarosae*, facilitado por la entonces inexistencia de enemigos naturales efectivos, permitió las altas infestaciones encontradas en el testigo sin insecticidas, mientras que en su estudio, la acción de *Metaphycus* sp., como factor de regulación actuando sobre las poblaciones de *C. linarosae* a partir de 1996, explicaba las diferencias encontradas.

Otro estudio realizado durante el período agosto 2001-agosto 2002, señaló menores niveles poblacionales de *C. linarosae* comparados con aquellos detectados en el año 1995, que estuvieron correlacionados negativamente con la presencia de *Metaphycus* sp. y varias especies de depredadores (Chirinos, 2004). Kapranas y Tena (2015) refirieron que varias especies de escamas blandas fueron controladas naturalmente por un conjunto de enemigos naturales, entre los que resaltaron coccinélidos, crisopas e himenópteros parasíticos; en este último grupo estuvieron incluidos aquellos pertenecientes al género *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae).

Estudios independientes sobre inventarios de enemigos naturales asociados con *C. linarosae* han sido realizados. Camacho *et al.* (2002) en un trabajo realizado en plantaciones comerciales de guayabo de varias zonas productoras del estado Zulia observaron *Chrysoperla* sp.

represented approximately 12% of the natural mortality of the insect, in a field study in Ramos de Lora municipality, Merida, in guava plants untreated with chemical insecticides.

Zambrano and García (2006) noted that the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. and *Trichoderma harzianum* Rifai could be used in the integrated management of *C. linarosae* in guava cultivation.

The inventory carried out by Romay *et al.* (2017), is so far, the most comprehensive study of natural enemies associated with *C. linarosae* in Venezuela. Since 2001 and up to the year 2007, in studies combining field surveys in Zulia, Merida and Trujillo states and laboratory offspring, parasitoids and predators were collected, determining their genus. The study found a primary parasitoid species, *Metaphycus* sp. and five hyperparasitoids, *Cheiloneurus* sp. (Encyrtidae), *Signiphora* sp. (Signiphoridae), *Aberus* sp. (Aphelinidae) and two Eulophidae, *Horismenus* sp. and an unidentified species. Among the predators there is an unidentified predatory fly species of Syrphidae (Diptera) attacking eggs of the insect. Preying nymphs and adults that study reported species of Coccinellidae (Coleoptera), which included *Azya orbigera*, *Cryptognatha auriculata* Mulsant and *Hyperaspis* (= *Cleotera*) *onerata* (Mulsant). Finally pointed out predatory larvae belonging to the genus *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), for which indicated that they were characterized as “garbage carriers”

(Neuroptera:Chrysopidae)depredando *Capulinia* sp. Chirinos (2004) detectó un hongo no identificado infectando *C. linarosae* el cual representó un promedio aproximado de 12% de la mortalidad natural del insecto, en un estudio de campo realizado en el municipio Ramos de Lora, estado Mérida, en plantas de guayabo no tratadas con insecticidas químicos.

Zambrano García (2006) señalaron que los hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. y *Trichoderma harzianum* Rifai podrían ser utilizados en el manejo integrado de *C. linarosae* en el cultivo del guayabo.

El inventario realizado por Romay *et al.* (2017), es hasta ahora, el estudio de enemigos naturales asociados con *C. linarosae* más exhaustivo efectuado en Venezuela. Desde el año 2001 y hasta el año 2007 en trabajos conducidos combinando muestreos de campo de zonas de los estados Zulia, Mérida y Trujillo y crías de laboratorio, se recolectaron parasitoides y depredadores los cuales fueron determinados generalmente hasta género. El estudio detectó una especie de parasitoide primario, *Metaphycus* sp. y cinco hiperparasitoides, *Cheiloneurus* sp. (Encyrtidae), *Signiphora* sp. (Signiphoridae), *Ablerus* sp. (Aphelinidae) y dos Eulophidae, *Horismenus* sp. y una especie no identificada. Entre los depredadores se refiere una especie de mosca depredadora no identificada de Syrphidae (Diptera) atacando huevos del insecto. Depredando ninfas y adultos ese estudio reportó especies de Coccinellidae (Coleoptera), entre

that generally constituted corpses and wax from their prey, enabling to be camouflage against predators and parasitoids.

### **Biological aspects of *Metaphycus* sp. endoparasitoid of *C. linarosae***

The biological details of the host-parasite relationship allow understanding the potential that the latter could have as population regulator of the host. The genus *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) was described by Mercet in 1917 as monotypic from the species *M. zebratus* (Guerreri and Noyes, 2000). It is composed of 400 species described worldwide (Myartseva and Ruíz, 2010), three of which are relatively cosmopolitan *M. helvolus* (Compere), *M. annekei* Guerreri and Noyes and *M. flavus* (Howard), and more than 200 species found in the Neotropical region (Guerreri and Noyes, 2000; Noyes, 2004). This genus is included within the subfamily Encyrtinae, Aphicini tribe, Paraphycina subtribe (Guerreri and Noyes, 2000).

*Metaphycus* species play an important role in the natural regulation of their hosts and several have been used successfully in programs of biological control in soft scales (Guerreri and Noyes, 2000; Schweizer *et al.*, 2003; Weppler *et al.*, 2003; Kapranas and Tena, 2015), some of which have been introduced in more than 40 countries for the control of scale insects considered as pests (Guerreri and Noyes, 2000).

The biology of *Metaphycus* sp. was observed by Chirinos (2004) as part of the studies related to *C. linarosae*



las que destacaron *Azya orbiger*a, *Cryptognatha auriculata* Mulsant e *Hyperaspis* (= *Cleotera onerata*) (Mulsant). Finalmente señalaron larvas depredadoras pertenecientes al género *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), para el cual indicaron que las mismas se caracterizaron por ser “portadoras de basura” que generalmente los constituyeron cadáveres y la cera de sus presas, que le permitieron camuflaje contra otros depredadores y parasitoides.

### Aspectos biológicos de *Metaphycus* sp. endoparasitoide de *C. linarosae*

Los detalles biológicos de la relación hospedero-parasitoide permiten comprender el potencial que el último podría tener como agente regulador de poblaciones del primero. El género *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) fue descrito por Mercet en 1917 como monotípico a partir de la especie *M. zebratus* (Guerreri y Noyes, 2000). Está compuesto por 400 especies descritas en el mundo (Myartseva y Ruíz, 2010), tres de las cuales son relativamente cosmopolitas (*M. helvolus* (Compere), *M. annecke*i Guerreri y Noyes y *M. flavus* (Howard), y más de 200 especies se encuentran en la región Neotropical (Guerreri y Noyes, 2000; Noyes, 2004). Este género está incluido dentro de la subfamilia Encyrtinae, tribu Aphicini y subtribu Paraphycina (Guerreri y Noyes, 2000).

Las especies de *Metaphycus* juegan un papel importante en la regulación natural de sus hospederos y varias han sido utilizadas exitosamente en programas de control biológico en

in Venezuela. The study covered aspects such as types of oogenesis, determination of sex, preference of the age and sex of the host being attacked and parasitized, cycle duration, number of larval stages, fertility and the consequent calculation of population parameters, as well as the effectiveness of parasitism in the field. Other aspects such as the encapsulation of eggs of *Metaphycus* sp. by *C. linarosae* was also evaluated (Chirinos *et al.*, 2006).

*Metaphycus* species associated with *C. linarosae* is a facultative solitary or gregarious endoparasitoid (Chirinos, 2004). Eggs are elongated and are adapted to breathe inside the host as occurs with other Encyrtidae species (Clausen, 1940; Maple, 1947). The number of stadiums in Encyrtidae varies from three to four (Prinsloo, 1997; Tena *et al.*, 2011), having detected four in this species (Chirinos, 2004). Once completed the larva phase and once become *Metaphycus* sp. in pupa, it inflates the integument of the host, forming a single lobe when there is one parasitoid or it builds several partitions within the host to isolate each member within the lobes when the parasitism is gregarious (Chirinos, 2004).

Chirinos (2004) noted that once emerged the adults from the pupa, there may occur the courtship between the female and the male for mating, after which the female places from one to four eggs, depending on the parasitized stage. Nymph females and males in the second phase place a single egg, while this amount can increase in adult females, being

escamas blandas (Guerreri y Noyes, 2000; Schweizer *et al.*, 2003; Weppeler *et al.*, 2003; Kapranas y Tena, 2015), algunas de las cuales han sido introducidas en más de 40 países para el control de insectos escama consideradas como plagas (Guerreri y Noyes, 2000).

Como parte de los trabajos relacionados con *C. linarosae* en Venezuela, la biología de *Metaphycus* sp. fue observada por Chirinos (2004). Dicho estudio abarcó aspectos tales como tipo de ovogénesis, determinación de sexos, preferencia de la edad y sexo del hospedero a ser atacado y parasitado, duración del ciclo, número de estadios larvales, fecundidad y el consecuente cálculo de los parámetros poblacionales, así como la efectividad del parasitismo en campo. Otros aspectos como la encapsulación de huevos de *Metaphycus* sp. por parte de *C. linarosae* también fue evaluado (Chirinos *et al.*, 2006).

La especie de *Metaphycus* asociada con *C. linarosae* es un endoparasoiteo facultativamente solitario o gregario (Chirinos, 2004). Los huevos son encirtiformes, y cuentan con adaptaciones para respirar dentro del hospedero, tal como ocurre con otras especies de Encyrtidae (Clausen, 1940; Maple, 1947). El número de estadios en Encyrtidae varía de tres a cuatro (Prinsloo, 1997; Tena *et al.*, 2011), habiéndose detectado cuatro en esta especie (Chirinos, 2004). Una vez completada la fase de larva, *Metaphycus* sp. al convertirse en pupa hace inflar el integumento del hospedero, formando un único lóculo cuando hay un solo parasitoide o

this phase the one that prefers to parasitize. The same study also noted that the longevity of the female of *Metaphycus* sp. did not spread beyond 5 days, time during which placed some 36 eggs on average, lower number compared to other species. According to Guerreri and Noyes (2000) the number of eggs laid for other species ranged from 50 to 293.

Biology studies carried out by Chirinos *et al.* (2006) showed that *C. linarosae* is able to encapsulate eggs and larvae in the first stage of *Metaphycus* sp. as a mechanism to defend against the attacks of the latter. In the encapsulation, the host blood cells (hemocytes) adhere to the surface of the egg or the parasitoid larva, forming a multicellular capsule which interferes with the development of these (Askew, 1971; Blumberg, 1991; Blumberg *et al.*, 1993). During these studies, it was observed that such encapsulation usually does not exceed 25%, which were considered to be low. However, the dynamic equilibrium of relations defined the fluctuations in time, which in terms of phytophagous insects, is translated in the population levels that can be achieved in the cultivation. Other parameters, such as the percentage of effective parasitism of *Metaphycus* sp. on *C. linarosae* should be reviewed to estimate the effect of the first in the regulation of populations of the second (Chirinos, 2004).

Chirinos (2004) concluded that *Metaphycus* sp. manages to complete its cycle after 12.65 days (26 °C), being this species arrhenotoky with

construye varios tabiques dentro del hospedero para aislar cada miembro dentro de los lóculos cuando el parasitismo es gregario (Chirinos, 2004).

Chirinos (2004) señaló que una vez emergido los adultos de la pupa, puede ocurrir el cortejo entre la hembra y el macho para el apareamiento, posterior a lo cual la hembra coloca entre uno a cuatro huevos, dependiendo de la fase parasitada. En ninfas hembras y machos de segundo estadio coloca un solo huevo, mientras que esta cantidad puede aumentar en hembras adultas, siendo esta fase la que prefiere parasitar. En el mismo estudio también observó que la longevidad de la hembra de *Metaphycus* sp. no se extendió más allá de 5 días, tiempo durante el cual coloca unos 36 huevos en promedio, lo que señaló como inferior comparado con otras especies. Según Guerreri y Noyes (2000) el número de huevos puestos para otras especies osciló entre 50 a 293.

Los estudios de biología realizados por Chirinos *et al.* (2006) mostraron que *C. linarosae* es capaz de encapsular huevos y larvas de primer estadio de *Metaphycus* sp. como un mecanismo para defenderse de los ataques de este último. En la encapsulación, las células sanguíneas (hemocitos) del hospedero se adhieren a la superficie del huevo o la larva del parasitoide, formando una cápsula multicelular, la cual interfiere con el desarrollo de éstos (Askew, 1971; Blumberg, 1991; Blumberg *et al.*, 1993). Durante la realización de esos estudios se observó que esa encapsulación generalmente no supera el 25%, que fueron

a female:male proportion of 2:1, the females are synovigenic, that is, they need to feed to mature the eggs. These females have a strong preference to parasitize adult scales of the host of 5-15 days of shed; short duration cycle and generational time 3.2 times lower than the host, which among others suggest their attributes as a natural enemy. However, the mortality existence of the parasitoid due to the encapsulation of eggs by the host, as well as the relatively low fecundity and short period of oviposition are elements to be included in the analysis to discern about the efficiency of the parasitoid in regulating populations of *C. linarosae*.

#### **Field evaluations of the natural biological control of *C. linarosae***

Field evaluations have been conducted to observe the action of *Metaphycus* sp. as agent of natural biological control of *C. linarosae*. The first of these, held in 1999 in the area of Mara, Zulia state, Venezuela, showed low phytophagous populations associated with high levels of parasitism (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). However, a second trial, held in the same area in 2001, showed a less functional response of parasite in the population regulation of *C. linarosae* (Chirinos, 2004). In the latter case, the insect population suppression was due to the action of predators that devoured the individuals present in artificially infested branches of guava and which were left completely exposed once developed the population (Chirinos, 2004).

Given to those results, Chirinos (2004) performed another experiment

considerados bajos. No obstante, el equilibrio dinámico de esas relaciones definió las fluctuaciones en el tiempo, lo que, en términos de insectos fitófagos, se traduce en los niveles poblacionales que pueden alcanzar en el cultivo. Otros parámetros, tales como el porcentaje de parasitismo efectivo de *Metaphycus* sp. sobre *C. linarosae* deben ser revisados para estimar el efecto del primero en la regulación de poblaciones del segundo (Chirinos, 2004).

Chirinos (2004) concluyó que *Metaphycus* sp. logra completar su ciclo después de 12,65 días (26 °C), siendo esta especie arrenotoquica, con una proporción hembra:macho de 2:1, las hembras son sinovigénicas, es decir, necesitan alimentarse para madurar los huevos. Dichas hembras tienen una marcada preferencia para parasitar las escamas adultas del hospedero de 5-15 días de muda, corto ciclo de duración y tiempo generacional 3,2 veces menor que del hospedero, que, entre otros, sugieren sus atributos como enemigo natural. No obstante, la existencia de mortalidad del parasitoide debido a la encapsulación de huevos por el hospedero, así como la relativamente baja fecundidad y corto período de oviposición, son elementos a ser incluidos en el análisis, para discernir acerca de la eficiencia del parasitoide en la regulación de poblaciones de *C. linarosae*.

#### **Evaluaciones de campo del control biológico natural de *C. linarosae***

Evaluaciones de campo se han realizado en varias épocas para

in the south of Maracaibo's Lake in 2002, including in the evaluation the physical interference differential using two types of cages, one that allowed the passage of the parasitoid (after having developed the population of the host), but limited the predators and another that limited both natural enemies. During this investigation, the functional response of *Metaphycus* sp. explained 40% of the population variations of phytophagous insects. The referred investigator concluded that the combination of the parasitism with other natural control factors could maintain the populations of the phytophagous levels tolerable or close to it. A host populations could decline depending on the increase in the number of species of natural enemies (Ables and Shepard, 1976; Ehler, 1978).

In the south of Maracaibo's Lake, it was also observed the presence of an entomopathogenic fungus probably favored by the high relative humidity (80-95%), different from the Northwestern area of the Lake's basin. In fact, entomopathogenic fungi were appreciable during conducted experiments in Mara predation and predation in the South of Maracaibo's Lake. However, this would suggests lower participation of parasitism by *Metaphycus* sp. now combined with other factors, which complemented its effects contributing to the reduction of *C. linarosae* populations (Chirinos, 2004).

#### **Selective applications of insecticides as an alternative**

Since *C. linarosae* appeared as a problem the damages have been

observar la acción de *Metaphycus* sp. como agente de control biológico natural de *C. linarosae*. La primera de éstas, realizada en la zona de Mara, estado Zulia, Venezuela, en 1999, mostró bajas poblaciones del fitófago asociado con altos niveles de parasitismo (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). Sin embargo, un segundo ensayo, realizado en la misma zona en el año 2001, evidenció una menor respuesta funcional del parasitoide en la regulación poblacional de *C. linarosae* (Chirinos, 2004). En este último caso, la supresión poblacional del insecto se debió a la acción de depredadores que acudieron a devorar los individuos presentes en las ramas de guayabo artificialmente infestadas y que se dejaron completamente expuestas una vez desarrollada la población (Chirinos, 2004).

Dado esos resultados, Chirinos (2004) al realizar otro experimento, en la zona Sur del Lago de Maracaibo, en el año 2002, incluyó para su evaluación la interferencia física diferencial, utilizando dos tipos de jaulas, una que permitió el paso del parasitoide (después de haber desarrollado la población del hospedero), pero limitó a los depredadores y la otra que limitó ambos enemigos naturales. Durante esa investigación, la respuesta funcional de *Metaphycus* sp. explicó el 40% de las variaciones poblacionales del insecto fitófago. La referida investigadora concluyó que la combinación del parasitismo con otros factores de control natural, podrían mantener a las poblaciones del fitófago a niveles tolerables o cercano a ello. Las poblaciones de

controlled using insecticides (Chirinos and Geraud-Pouey, 2011), prompting a trial to corroborate the effectiveness of commercial products based on chlorpyrifos with reduced application frequencies (Chirinos-Torres *et al.*, 2000). Despite the parasitism action by *Metaphycus* sp. along with the other natural enemies, *C. linarosae* continues to be a concern for guava producers given the way it appeared and became a pest. In fact, for its control frequent applications of highly toxic products are currently being used (Chirinos and Geraud-Pouey, 2011). Thus, Chirinos *et al.* (2007) expressed that this influenced the ignorance of the natural control action in orchards which prompted farmers to the frequent application of insecticides in response to any incipient infestation. However, given the imbalances that may arise in that natural control caused by ecological interactions and the specific biological characteristics of the species involved, the rational control could be complemented with other control measures including the breeding of effective natural enemies and selective applications of some effective insecticide.

Additionally, Chirinos *et al.* (2007) conducted two lab tests to assess the effectiveness of four insecticides on populations of *C. linarosae*. The selected chemical insecticides were chlorpyrifos and imidacloprid, belonging to the groups of organophosphates and neonicotinoids, respectively (Ware and Whitacre, 2004). Other insecticides evaluated were, a botanist whose active ingredient is azadirachtin and a

un hospedero podrían declinar en función del incremento del número de especies de enemigos naturales (Ables y Shepard, 1976; Ehler, 1978).

En la zona Sur del Lago, además de depredadores, se observó la presencia de un hongo entomopatogénico, probablemente favorecido por la alta humedad relativa (80-95%), lo cual la diferencia de la zona noroccidental de la cuenca del lago. De hecho, la depredación en Mara y la depredación más los hongos entomopatogénicos en el Sur del Lago de Maracaibo, resultaron apreciables durante los experimentos conducidos. Sin embargo, esto denotaría menor participación del parasitismo por *Metaphycus* sp. ahora combinado con otros factores, donde se complementaron sus efectos contribuyendo a la disminución de las poblaciones de *C. linarosae* (Chirinos, 2004).

### **Aplicaciones selectivas de insecticidas como alternativa**

Desde que *C. linarosae* apareció como problema se ha intentado controlar sus daños utilizando insecticidas de diferente naturaleza (Chirinos y Geraud-Pouey, 2011), lo que en un ensayo llevó a corroborar la efectividad de productos comerciales a base de clorpirifos con reducidas frecuencias de aplicación (Chirinos-Torres *et al.*, 2000). A pesar de la acción del parasitismo por *Metaphycus* sp. junto con la de otros enemigos naturales, *C. linarosae* no deja de ser una preocupación para los productores de guayabo, dada la forma como apareció y se volvió plaga. De hecho, para su control actualmente se hacen aplicaciones frecuentes de

microbial-based entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. The results of these investigations showed the low effectiveness to control populations of *C. linarosae* by these last two insecticides. The ineffectiveness of *B. bassiana* detected in that essay contrasts to the results obtained in Colombia by Castañeda and Sepulveda-Cano (2016) who observed a reduction in the severity of damage by *C. linarosae* after the application of an insecticide based on a combination of entomopathogenic fungi, which included *B. bassiana*. Based on those results, these researchers recommended it for the management of this insect due to the regulation of the populations observed.

On the other hand, the study carried out by Chirinos *et al.* (2007) showed the effectiveness of chlorpyrifos and imidacloprid to reduce populations of *C. linarosae*, which could be considered for selective applications in the crop. However, it is important to take into account the persistence of these insecticides within the guava plant phenology for determining the application times to avoid overcome residue permitted in fruit, stems and leaves.

Sánchez *et al.* (2005) noted that the persistence of an application of chlorpyrifos in guava fruits was of approximately 11 days, being the critical phase the first three, since the maximum limits of residues (MLR) were overcome. Another study (Ettiene *et al.*, 2010), carried out with the same insecticide on leaves and stems of several guava cultivars, showed that the persistence of residues in these



productos muy tóxicos (Chirinos y Geraud-Pouey, 2011). Así, Chirinos *et al.* (2007) expresaron que en esto influyó el desconocimiento de la acción del control natural en los huertos, lo que indujo a los agricultores a la frecuente aplicación de insecticidas como respuesta a cualquier incipiente infestación. Sin embargo, dado los desequilibrios que se puedan presentar en ese control natural ocasionado por las interacciones ecológicas y las características biológicas específicas de las especies involucradas, se podría complementar el manejo racional con otras medidas de control entre las que resaltaron, la cría de enemigos naturales efectivos y aplicaciones selectivas de algún insecticida efectivo.

En ese orden de ideas, Chirinos *et al.* (2007) realizaron dos ensayos de laboratorio para evaluar la efectividad de cuatro insecticidas sobre poblaciones de *C. linarosae*. Los insecticidas químicos seleccionados fueron, clorpirifos e imidacloprid, pertenecientes a los grupos organofosforados y neonicotenoideos, respectivamente (Ware y Whitacre, 2004). Los otros insecticidas evaluados fueron, un botánico cuyo ingrediente activo es la azadiractina y un microbiano, a base del hongo entomopatogénico, *Beauveria bassiana*. Los resultados de esas investigaciones mostraron la baja efectividad para control de las poblaciones de *C. linarosae* por parte de estos últimos dos insecticidas. La inefectividad de *B. bassiana* detectada en ese ensayo contrasta lo obtenido en Colombia por Castañeda y Sepulveda-Cano (2016) quienes observaron

organs lasted 72 hours, reasons for which three days after the application is not enough time for using these organs with properties and medicinal purposes.

Chirinos *et al.* (2007) referred the residual effect of imidacloprid on guava because it prevented the development of *C. linarosae* populations for at least two months in plants used in a trial conducted by them. These researchers warned that due to the prolonged residual effect those results should be taken with caution while toxic residues in studies of guava fruits are undertaken. In any case, by taking the decision to apply insecticides for the control of this phytophagous, it is necessary to ensure the selectivity of applications either physiological or ecological, based on biological and ecological knowledge of the agroecosystem in order to achieve the lowest imbalance within the orchards.

#### **Evolution of guava cottony scale as an entomological problem**

It is important to review the evolution of guava cottony scale as an entomological problem. Generally there are two periods; the first three years framed the first stage of colonization of a good part of the national territory, characterized by heavy infestations, damaging severely vast orchards of guava in the main production areas (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997; Chirinos-Torres *et al.*, 2000). During that time, the devastation of approximately 600 ha occurred in Maracaibo's height plain (Cermeli and Geraud-Pouey, 1997), the most important producing area of that crop in the country by that time (Araujo *et al.*, 1997).

disminución en la severidad de daños por *C. linarosae* después de las aplicaciones de un insecticida a base de una combinación de hongos entomopatogénicos, entre los que incluyeron a *B. bassiana*. Basado en esos resultados, estos investigadores lo recomendaron para el manejo de este insecto debido a la regulación de poblaciones observada.

Por otro lado, el referido estudio realizado por Chirinos *et al.* (2007) mostró la efectividad de clorpirifos e imidacloprid para reducir las poblaciones de *C. linarosae*, los cuales podrían ser considerados para aplicaciones selectivas en el cultivo. Sin embargo, para su uso, es importante tomar en cuenta la persistencia de estos insecticidas dentro de la fenología de la planta del guayabo a los fines de determinar los momentos de aplicación para evitar superar los límites de residuos permitidos en frutos, tallos y hojas.

Sánchez *et al.* (2005) señalaron que la persistencia de una aplicación de clorpirifos en frutos de guayaba fue de aproximadamente 11 días, siendo la fase crítica los primeros tres, debido a que se superaron los límites máximos de residuos (LMR). Otro estudio (Ettiene *et al.*, 2010), realizado con este mismo insecticida sobre hojas y tallos de varios cultivares de guayaba, mostró que la persistencia de residuos sobre estos órganos tuvo una duración de al menos 72 horas, razones por las cuales, 3 días después de la aplicación no es tiempo suficiente para la utilización de estos órganos que tienen propiedades y fines medicinales.

Chirinos *et al.* (2007) refirieron el efecto residual del imidacloprid sobre guayabo porque evitó el desarrollo de

Currently in that area almost all commercial production of guava disappeared due to damages caused by the cottony scale among other problems such as root-knot nematodes, salinization of aquifers and low soil fertility. Now, this crop moved towards the southern part of the basin Maracaibo's Lake, where it is estimated that there are about 4,000 ha in production and continues the increment in the sown areas (Aular and Casares, 2011).

Although for the time of colonization of new areas, the action of natural enemies was detected mainly of predators, these natural control factors did not lower the populations of guava cottony scale, allowing to produce considerable damage, inducing farmers to the continuous application of insecticides (Chirinos-Torres *et al.*, 2000).

The detection of *Metaphycus* sp. in 1996 marks the beginning of the second stage, although the beginning is somewhat diffuse in time, as in the case of its host; the geographical dispersion of the parasitoid and its colonization of new areas should have taken more time. There is evidence that after the detection of the parasitoid, the populations of guava cottony scale reduced to very low levels, only altered by sporadic and localized infestations, including changing the distribution patterns of *C. linarosae* on guava tree, which usually appeared on the peripheral branches of the canopy instead of the trunks and main branches as occurred in the early stages (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). Apparently, this change of

poblaciones de *C. linarosae* durante al menos dos meses en las plantas utilizadas en un ensayo realizado por ellos. Estos investigadores advirtieron que, debido al prolongado efecto residual, esos resultados debían ser tomados con reservas mientras se acometen estudios de residuos tóxicos en frutos de guayabo. En cualquier caso, al tomar la decisión de aplicar insecticidas para el control de este fitófago, es necesario garantizar la selectividad de las aplicaciones bien sea fisiológica o ecológica, basada en conocimientos biológicos y ecológicos del agroecosistema, de manera de lograr el menor desequilibrio posible dentro de los huertos.

### **Evolución de la mota blanca del guayabo como problema entomológico**

Para facilitar la comprensión de la mota blanca del guayabo, *C. linarosae*, como problema entomológico, conviene revisar su evolución desde que fue detectada por primera vez. Pueden separarse en líneas generales, dos períodos, los primeros tres años enmarcan la primera etapa de colonización de buena parte del territorio nacional, caracterizada por fuertes infestaciones, dañando severamente grandes extensiones de huertos de guayabo en las principales zonas de producción (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997; Chirinos-Torres *et al.*, 2000). Durante esa época, ocurrió la devastación de unas 600 ha en la altiplanicie de Maracaibo (Cermeli y Geraud-Pouey, 1997), la zona productora más importante de ese cultivo en el país para ese entonces (Araujo *et al.*, 1997). Actualmente

the distribution pattern in the ground was associated with the easy location of the host by the parasitoid on the latter, coupled with the difficulty of finding hosts walking on peripheral branches (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a).

The case of *Parasaissetia nigra* (Nietner) (Hemiptera:Coccidae), in California, USA, presented similarities with the ones of *C. linarosae*, in Venezuela. *Parasaissetia nigra*, a tropical insect adapting to subtropical conditions dramatically increased its populations in several ornamental plants, as well as in the native vegetation, reaching the highest levels of population in 1939 (Flanders, 1959). Those infestations were dramatically reversed by the action of the endoparasitoid, *M. helvolus*, which began to colonize soft scale after its introduction in 1938, and after a few years the populations stabilized at lower densities, which ceased to cause economic damage (Flanders, 1959).

The first trial carried out in 1999 (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a) to evaluate the effectiveness of *Metaphycus* sp., as a factor of natural mortality of *C. linarosae* experimentally showed its importance in the regulation of the host populations. In that experiment, the parasitism was the main responsible for regulating the populations of the host, given the fluctuation and evolution of the phytophagous and its natural enemies, as well as the management of the orchard. However, with the time, dynamic and consequential relationships of population levels of *C. linarosae* on guava have varied considerably.

de esa zona desapareció casi toda la producción comercial de guayaba debido a los daños causados por la mota blanca, entre otros problemas como, nematodos agalladores de raíces, salinización de los acuíferos y baja fertilidad de los suelos. Ahora, este cultivo se desplazó hacia la parte sur de la cuenca del Lago de Maracaibo, donde se estima que existen unas 4.000 ha en producción y continúa el incremento de las áreas sembradas (Aular y Casares, 2011).

Aunque para la época de colonización de nuevas zonas, se detectó la acción de enemigos naturales fundamentalmente depredadores, estos factores de control natural no mantenían suficientemente bajas las poblaciones de la mota blanca del guayabo, lo cual permitía que todavía se produjeran daños de consideración, induciendo a los agricultores a la aplicación continua de insecticidas (Chirinos-Torres *et al.*, 2000).

La detección de *Metaphycus* sp. en 1996, marca el comienzo de la segunda etapa, aunque este comienzo es algo difuso en el tiempo, ya que al igual que en el caso de su hospedero, la dispersión geográfica del parasitoide y su colonización de nuevas áreas debió haber llevado algún tiempo. Existe evidencia que, a partir de la detección del parasitoide, las poblaciones de la mota blanca del guayabo, fueron reducidas a muy bajos niveles, solo alteradas por esporádicas y localizadas infestaciones, inclusive cambiando los patrones de distribución de *C. linarosae*, sobre el árbol de guayabo, apareciendo éstas generalmente en ramas periféricas de la copa, en lugar

*Capulinia linarosae* is an insect that can quickly increase its populations given its high fecundity and survival on guava (Chirinos *et al.*, 2003; Chirinos *et al.*, 2004). This, along to the relatively low fecundity of the parasitoid, may influence the effect of parasitism (Chirinos, 2004). Relatively low fecundity of the parasitoid contrasted with the general principle in biological control, which according to Price (1975) suggests that parasitoids with great fertility can provide better control of their hosts and, consequently, could be the most successful agents. However, the low fertility of a parasitoid should not be a limiting factor for its selection for biological control purposes, since it has other bio-ecological features such as being a host that influence the success of these types of programs (Lane *et al.*, 1999).

Regarding its characteristics, if the parasitoid has a life cycle shorter than the host, in this case, the ability to regulate host populations can be high, despite its comparatively low fecundity. For the host, more or less sedentary habits in phytophagous such as "Hemiptera:Coccoidea", make them particularly susceptible to parasitism because these ease their finding, or, viewed differently, these habits increase the search efficiency by the parasitoids, compensating deficiencies such as low fertility (Lane *et al.*, 1999). For that reason, biological control programs in this group of phytophagous have been successful.

Another referred aspect is the encapsulation of eggs and larvae of the parasite by the host.

de los troncos y ramas principales como solía ocurrir en los primeros tiempos (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a). Aparentemente, este cambio de patrón de distribución sobre la planta, estuvo asociado con la fácil localización del hospedero por el parasitoide sobre estas últimas, aunado a la dificultad de búsqueda de hospederos caminando sobre ramas periféricas (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a).

El caso de *Parasaissetia nigra* (Nietner) (Hemiptera:Coccidae), en California, EE.UU., presentó similitudes con el de *C. linearosae*, en Venezuela. *Parasaissetia nigra*, un insecto tropical adaptándose a condiciones subtropicales, incrementó vertiginosamente sus poblaciones en varias plantas ornamentales, así como en la vegetación nativa, alcanzando los mayores niveles poblacionales en 1939 (Flanders, 1959). Esas infestaciones fueron drásticamente revertidas por la acción del endoparasitoide, *M. helvolus*, el cual comenzó a colonizar la escama blanda luego de su introducción en 1938 y después de pocos años, las poblaciones se estabilizaron a menores densidades, las cuales dejaron de causar daños económicos (Flanders, 1959).

El primer ensayo realizado en 1999 (Geraud-Pouey *et al.*, 2001a) para evaluar la efectividad de *Metaphycus* sp., como factor de mortalidad natural de *C. linearosae* mostró experimentalmente su importancia en la regulación de las poblaciones del hospedero. En ese experimento, el parasitismo fue el principal responsable de regular las poblaciones del hospedero, dada la fluctuación y

Laboratory and field evaluation showed levels of approximately 25% (on average) of eggs and larvae encapsulated; however, the efficiency of encapsulation by *C. linearosae* did not exceed 20%. Although these encapsulation levels were generally low, in specific situations of time and space, could probably attenuate the regulating effect of parasitism by *Metaphycus* sp., this being part of the host-parasitoid evolutionary game (Chirinos *et al.*, 2006).

Effective parasitism levels achieved by *Metaphycus* sp., contributed in part to the regulation of *C. linearosae* populations. Lower population densities of the phytophagous detected on branches with natural infestations compared to the ones artificially induced, the response of parasitism to the population variation where there was not more interference, as well as the ability to increase when infestations declined to very low levels, supported this conclusion (Chirinos, 2004).

To keep the population balance, population density of phytophagous insects must be maintained to economically acceptable levels. Meanwhile, in some cases this density should be close to zero (0), in others, the reduction of an average density of the host of 40% can be considered as a success, especially if that degree of control significantly reduces the economic losses due to the pest problem (Lane *et al.*, 1999).

As mentioned by Chirinos (2004), the action of parasitism by *Metaphycus* sp., combined with natural control factors such as depredators and fungi entomopathogenic (in areas where

evolución del fitófago y de sus enemigos naturales, así como el manejo del huerto. No obstante, con el transcurrir del tiempo, las relaciones dinámicas y consecuentes niveles poblacionales de *C. linarosae* sobre guayabo, han variado considerablemente.

*Capulinia linarosae* es un insecto que puede aumentar rápidamente sus poblaciones, dada su alta fecundidad y supervivencia sobre guayabo (Chirinos *et al.*, 2003; Chirinos *et al.*, 2004). Esto, aunado a la relativamente baja fecundidad del parasitoide podría incidir sobre efecto del parasitismo (Chirinos, 2004). La relativamente baja fecundidad del parasitoide contrastó con el principio general en control biológico, el cual según Price (1975) sugiere que los parasitoides con gran fecundidad pueden proveer mejor control de sus hospederos y, en consecuencia, podrían ser los agentes más exitosos. Sin embargo, la baja fecundidad de un parasitoide, no debe ser un factor limitante para su selección con fines de control biológico, puesto que otras características bioecológicas suyas como de su hospedero, influyen en el éxito de programas de este tipo (Lane *et al.*, 1999).

Con respecto a sus características, sí el parasitoide tiene un ciclo de vida más corto que el del hospedero, tal como es este caso, la capacidad para regular las poblaciones del hospedero puede ser alta, a pesar de su comparativamente baja fecundidad. Para el hospedero, los hábitos más o menos sedentarios en fitófagos como "Hemiptera:Coccoidea", los hace especialmente susceptibles

the climatic conditions favor the latter), *C. linarosae* populations could maintain to tolerable levels. However, guava as agro-ecosystem is affected by the agronomic management (pest management, among others); hence, foci of *C. linarosae* population may occur located within the orchards. In addition, in those orchards where the plant's architecture has not diversified, either in newly transplanted or young plantations, damages caused by *C. linarosae* continue to be especially noticeable where it is easy to get those infestation foci. To reduce the incidence, it should be considered the possibility of complementing the action of the natural control with augmentative practices or introduce new natural enemies, if available. Other alternatives which should not be ruled out consist of genetically manage the physicochemical characteristics of the plant to reduce the establishment of the phytophagous (Geraud-Pouey and Chirinos, 1999; Geraud-Pouey *et al.*, 2001b; Chirinos *et al.*, 2003).

In any case, any action to be taken must be supported by constant supervision of the orchards. Complementing the action of the natural control with any additional measures, such as the localized application of some effective insecticide, could be the alternative in the case of strong population outbreaks of the phytophagous due to low levels of natural enemies (Chirinos *et al.*, 2007). The selectivity achieved by localized spraying to the area and part of the infested plant would contribute to the balance of the agro-ecosystem to avoid more



al parasitismo, porque facilita su hallazgo, o, visto de otra manera, aumenta la eficiencia de búsqueda por parte de los parasitoides, compensando deficiencias como baja fecundidad (Lane *et al.*, 1999). En buena parte es por esa razón, que los programas de control biológico en este grupo de fitófagos han tenido apreciable éxito.

Otro aspecto referido es la encapsulación de huevos y larvas del parasitoide por parte del hospedero. Evaluaciones de laboratorio y campo mostraron niveles de aproximadamente 25% (en promedio) de huevos más larvas encapsuladas aunque la eficiencia de encapsulación por parte de *C. linearosae* no superó el 20%. Aunque en general estos niveles de encapsulación fueron bajos, en situaciones puntuales de tiempo y espacio, probablemente podrían atenuar el efecto regulador del parasitismo por *Metaphycus* sp., siendo esto parte del juego evolutivo hospedero-parasitoide (Chirinos *et al.*, 2006).

De todos modos, los niveles de parasitismo efectivo alcanzados por *Metaphycus* sp., contribuyeron en parte a la regulación de las poblaciones de *C. linearosae*. Las menores densidades poblacionales del fitófago detectadas sobre ramas con infestaciones naturales, comparados con las artificialmente inducidas, la respuesta del parasitismo a la variación poblacional donde no hubo mayor interferencia, así como, la capacidad de aumentar el mismo cuando las infestaciones declinaron a muy bajo nivel, soportaron esta conclusión (Chirinos, 2004).

problems than those intended to solve. Knowing the operation dynamics of *C. linearosae* and their natural enemies, as well as their implications for the regulation of populations, form the basis for integrated pest management programs in the guava cultivation, which can subsequently be transferred to the production through extension programs (Chirinos, 2004; Chirinos *et al.*, 2007).

## Acknowledgment

The authors thank Dr. Takumasa Kondo (Colombian Corporation (CORPOICA) of Agricultural Research, Palmira, Colombia by having revised this manuscript.

*End of English version*

---



---

Para que el equilibrio poblacional se mantenga, la densidad poblacional de los insectos fitófagos debe ser mantenida a niveles económicamente aceptables. Mientras en algunos casos esa densidad debe ser cercana a cero (0), en otros, la reducción a una densidad promedio del hospedero de un 40% puede ser considerada como un éxito, especialmente si ese grado de control reduce significativamente las pérdidas económicas debido al problema de plagas (Lane *et al.*, 1999).

Tal como había sido señalado por Chirinos (2004), la acción del parasitismo por *Metaphycus* sp., combinada con factores de control

natural como depredadores y hongos entomopatogénicos (en zonas donde las condiciones climáticas favorezcan estos últimos), podrían mantener las poblaciones de *C. linarosae* a niveles tolerables. Sin embargo, el guayabo como agroecosistema es afectado por los manejos agronómicos (manejo de plagas, entre otros) y, por ende, podrían presentarse focos poblacionales de *C. linarosae* localizados dentro de los huertos. Además, en aquellos huertos donde la arquitectura de la planta no se ha diversificado, bien sea en plantaciones recién trasplantadas o jóvenes, los daños por *C. linarosae* continúan siendo especialmente notorios donde es fácil conseguir esos focos de infestaciones. Para disminuir la incidencia de los mismos, probablemente hay que considerar la posibilidad de complementar la acción del control natural con prácticas aumentativas o introducir nuevos enemigos naturales, si estuviesen disponibles. Otras alternativas que no deben ser descartadas, consistirían en manejar genéticamente las características físico-químicas de la planta para disminuir el establecimiento del fitófago (Geraud-Pouey y Chirinos, 1999; Geraud-Pouey *et al.*, 2001b; Chirinos *et al.*, 2003).

En todo caso, cualquier acción a ser tomada, tiene que estar soportada por supervisiones constantes de los huertos. Complementar la acción del control natural con eventuales medidas adicionales, como la aplicación localizada de algún insecticida efectivo, podría ser la alternativa en el caso de detectar fuertes brotes poblacionales del fitófago, debido a bajos niveles de enemigos naturales

(Chirinos *et al.*, 2007). La selectividad lograda mediante aspersiones muy localizadas al área y parte de la planta infestada, contribuiría a mantener el equilibrio del agroecosistema para no crear problemas más graves que aquellos que se pretenden solucionar. El conocer la dinámica de funcionamiento de *C. linarosae* y de sus enemigos naturales, así como sus implicaciones en la regulación de poblaciones, conforman la base para programas de manejo integrado de plagas en el cultivo del guayabo, los cuales posteriormente pueden ser transferidos a la producción a través de programas de extensión (Chirinos, 2004; Chirinos *et al.*, 2007).

## Agradecimiento

Al Dr. Takumasa Kondo (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Palmira, Colombia por la revisión del manuscrito.

## Literatura citada

- Ables, J.R. y M. Shepard. 1976. Seasonal abundance and activity of indigenous parasitoids attacking the house fly (Diptera: Muscidae). *Can. Entomol.* 108:841-844.
- Araujo, F., S. Quintero, J. Salas, J. Villalobos y Á. Casanova. 1997. Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Criolla Roja en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 14:315-328.
- Askew, R.R. 1971. *Parasitic Insects*. American Elsevier Publishing Company Inc. New York. 316 p.
- Aular, J. y M. Casares. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Rev. Bras. Frutic.* 33(1):187-198.

- Badii, H., A.E. Flores, G. Ponce, H. Quiroz, J.A. García y R. Foroughbakhch. 2004. Formas de evaluar los enemigos naturales en control biológico. CULCyT. 1:3-11.
- Blumberg, D. 1991. Seasonal variations in the encapsulation of eggs of the encyrtid parasitoid *Metaphycus stanleyi* by pyriform scale, *Protopulvinaria pyriformis*. Entomol. Exp. Appl. 58:231-237.
- Blumberg, D., M. Wisoki and D. Hadar. 1993. Further studies of the encapsulation of eggs of *Metaphycus* sp. (Hym:Encyrtidae) by pyriform scale, *Protopulvinaria pyriformis* (Hom:Coccidae). Entomophaga 38:7-13.
- Camacho, J., P. Güerere y M. Quirós de González. 2002. Insectos y ácaros del guayabo (*Psidium guajava* L.) en plantaciones comerciales del estado Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 19:140-148.
- Castañeda, C. y P.A. Sepúlveda-Cano. 2016. Evaluación de productos para control de *Capulinia linerosae* (Hemiptera: Eriococcidae) en *Psidium guajava*. p. 159. En: Resúmenes del 43 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Manizales, Colombia. 27 al 29 de julio.
- Cermeli, M. y F. Geraud-Pouey. 1997. *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering (Homoptera:Coccoidea: Eriococcidae) nueva plaga del guayabo en Venezuela. Agron. Trop. 47:115-123.
- Chirinos, D.T. 2000. Biología de la mota blanca del guayabo, *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering y su potencial de desarrollo de poblaciones sobre varias especies de *Psidium*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 67 p.
- Chirinos, D.T. 2004. Aspectos morfológicos y biológicos de *Metaphycus* sp. (Hymenoptera:Encyrtidae) y las implicaciones de éste y otros enemigos naturales en la regulación de poblaciones de *Capulinia* sp., (Hemiptera:Eriococcidae) en guayabo, *Psidium guajava* L. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 127 p.
- Chirinos, D.T. y F. Geraud-Pouey. 2011. El manejo de plagas agrícolas en Venezuela. Reflexiones y análisis sobre algunos casos. Interciencia 36:192-199.
- Chirinos, D.T., F. Geraud-Pouey y G. Romay. 2003. Duración de desarrollo y estadísticos poblacionales de *Capulinia* sp. sobre varias especies de *Psidium*. Entomotropica 18(1):7-20.
- Chirinos, D.T., F. Geraud-Pouey y G. Romay. 2004. Desarrollo y reproducción de *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering (Hemiptera:Eriococcidae) sobre guayabo. Entomotropica 19(3):135-142.
- Chirinos, D.T., F. Geraud-Pouey y L. Caltagirone. 2006. Encapsulación de *Metaphycus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) por su hospedero, *Capulinia* sp. (Hemiptera: Eriococcidae). Entomotropica 21(2):91-103.
- Chirinos, D.T., F. Geraud-Pouey, L. Bastidas, M. García y Y. Sanchez. 2007. Efecto de algunos insecticidas sobre la mota blanca del guayabo, *Capulinia* sp. (Hemiptera:Eriococcidae). Interciencia 32:547-553.
- Chirinos-Torres, L., F. Geraud-Pouey, D.T. Chirinos, C. Fernández, N. Guerrero, M. Polanco, G. Fernández y R. Fuenmayor R. 2000. Efecto de insecticidas sobre la mota blanca del guayabo, *Capulinia* sp. (Hemiptera: Eriococcidae) en el municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 15:1-16.
- Clausen, C.P. 1940. Entomophagous insects. New York, McGraw-Hill. 688 p.
- Ehler, L.E. 1978. Competition between two natural enemies of mediterranean black scale on olive. Environ. Entomol. 7(4):521-523.
- Ettiene, G., P. García, R. Bauza, L. Sandoval y D. Medina. 2010. Persistencia del insecticida Clorpirifos en hojas y tallos de guayabo (*Psidium guajava* L.). Revista Científica UDO Agrícola 10:36-47.
- Ferris, G.F. 1955. Atlas of scale insects of North America. V. 7. The families

- Acleridae, Asterolecaniidae, Cochaspididae, Dactylopiidae and Lacciferidae. Stanford University Press. Palo Alto, California, EEUU. 233 p.
- Flanders, S.E. 1959. Biological control of *Saissetia nigra* (Nietn) in California. J. Econ. Ent. 52:596-600.
- Geraud-Pouey, F. y D.T. Chirinos. 1999. Desarrollo poblacional de la mota blanca, *Capulinia* sp. (Hemiptera: Eriococcidae) sobre tres especies de *Psidium* bajo condiciones de laboratorio. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16(Supl. 1):23-29.
- Geraud-Pouey, F., D.T. Chirinos, R. Aguirre, Y. Bravo y J. Quintero. 2001a. Evaluación de *Metaphycus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) como agente de control natural de *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering (Hemiptera: Eriococcidae). Entomotropica 16(3):165-171.
- Geraud-Pouey, F., D.T. Chirinos y G. Romay. 2001b. Efecto físico de las exfoliaciones de la corteza de del guayabo sobre *Capulinia* sp. cercana a *jaboticabae* von Ihering (Hemiptera: Eriococcidae). Entomotropica 16(1):21-27.
- Gould, W.P. and A. Raga. 2002. Pest on guava. p. 295-314. In: Tropical fruit pest and pollinators: Biology, economic importance, natural enemies and control. Peña J.E., J.L. Sharp and M. Wisoki (Eds.). Florida, EEUU.
- Guerreri, E. and J. Noyes. 2000. Revision of European species of genus *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitoids of scale insects (Homoptera: Coccoidea). Syst. Entomol. 25:147-222.
- Hempel, A. 1900. Description of three new species of Coccidae from Brazil. Can. Entomol. 32:3-4.
- Hodgson, C. and D. Miller. 2010. A review of ericoccid genera (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) of South America. Zootaxa 2459:1-101.
- Hoy, J.M. 1958. Coccids associated with rata and kamahi in New Zealand. New Zeal. J. Sci. 1:179-200.
- Hoy, J.M. 1963. A catalogue of the Eriococcidae (Homoptera: Coccoidea) of the world. New Zealand DSIR Bull. 150:1-260.
- Kapranas, A. and A. Tena. 2015. Encyrtid parasitoids of soft scale insects: Biology, behavior, and their use in biological control. Annu. Rev. Entomol. 60:195-211.
- Kondo, T., P.J. Gullan, J.A. Ventura and M. Culik. 2005. Taxonomy and biology of the mealybug genus *Platococcus* Miller & Denno (Hemiptera: Pseudococcidae) in Brazil, with descriptions of two new species. Stud. Neotropical Fauna E. 40:213-227.
- Kondo, T., P.J. Gullan and L.G. Cook. 2016. A review of the genus *Capulinia* Signoret (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) with description of the two new species. Zootaxa 4111:471-491.
- Lane, S.D., N.J. Mills and W.M. Getz. 1999. The effects of parasitoids fecundity and host taxon on the biological control of insect pest: the relationship between theory and data. Ecol. Entomol. 24:181-190.
- Lepage, S. y O. Giannotti. 1943. Cochonilhas da jaboticabeira. O Biologico 9:169-173. Luck, R.F., B.M. Shepard and P.E. Kenmore. 1999. Evaluation of the biological control with experimental methods. p. 225-242. In: Handbook of Biological control principles and application of biological control. Bellows T.S. y T.W. Fisher (Eds.). Academy Press, California. Cap 9.
- Luck, R.F., B.M. Shepard and P. E. Kenmore. 1999. Evaluation of the biological control with experimental methods. Cap 9. In: Bellows T.S. and T.W. Fisher (Eds.). Handbook of Biological Control. Academy Press, San Diego. 1046 p.
- Maple, J.D. 1947. The eggs and first instar larvae of Encyrtidae and their morphological adaptations for respiration. Univ. Calif. Publ. Entomol. 8:25-122.
- Mestre, N., A. Hamon, G. Evans, T. Kondo, P. Herrera Oliver, A. Hernández Marrero y A. Abraham Alonso. 2011. Los

- cocoideos (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) presentes en la Cordillera de Guaniguanico, Pinar del Río, Cuba, y la relación con sus hospedantes. *Insecta Mundi* 0183:1-25.
- Myartseva, S.N. y E. Ruiz. 2010. Una nueva especie de *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae) de México y clave de especies del género que parasitan mosquitos blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en la región Neotropical. *Acta Zool. Mex.* 26:17-24.
- Noyes, J.S. 2004. Encyrtidae of Costa Rica (Hymenoptera: Chalcidoidea), 2. *Metaphycus* and related genera, parasitoids of scale insects (Coccoidea) and whiteflies (Aleyrodidae). *Mem. Am. Entomol. Inst.* 73:1-459.
- Price, P. 1975. *Insect Ecology*. Wiley, New York. 514 p.
- Prinsloo, G.L. 1997. Encyrtidae. See Ref. 17:69-109.
- Ramírez, R., O. Quijada, R. Camacho y M.E. Burgos. 2010. Calidad fisicoquímica de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en tres localidades del estado Zulia, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 44(3):285-296.
- Romay, G., C.E. Fernández, R. Castro y D.T. Chirinos. 2017. Diversidad de enemigos naturales asociados con *Capulinia linarosae* Kondo y Gullan, 2016. *Rev. Mis. Agro.* 1:78-88.
- Sánchez, J., G. Ettiene, I. Buscema y D. Medina. 2005. Persistencia de insecticidas organofosforados malathion y clorpyrifos en guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 22(1):62-71.
- Schweizer, H., J.G. Morse and R.F. Luck. 2003. Evaluation of *Metaphycus* spp. for suppression of black scale (Homoptera: Coccidae) on Southern California Citrus. *Env. Entomol.* 32:377-386.
- Signoret, V. 1875. Essai sur les cochenilles ou gallinsectes (Homoptères: Coccides), 14e parties. *Ann. Soc. Entomol.* 5:15-40.
- Sorensen, J.T., B. Campbell, J. Gill and D. Stefen-Campbell. 1995. Non-monophyly of Auchenorrhyncha ("Homoptera") based upon 18s rDNA phylogeny. Eco-Evolution and cladistic implications within pre-Heteropteroidea Hemiptera (S.L.) and proposal for new monophyletic suborders. *Pan-Pacific Entomologist* 71:31-60.
- Tena, A., A. Kapranas, G.P. Walker, F. Garcia-Mari, and R.F. Luck. 2011. Larval morphology of *Metaphycus flavus* and the role of host attachment in larval cannibalism. *Bull. Entomol. Res.* 101:365-372.
- Townsend, C.H.T. and T.D.A. Cockerell. 1898. Coccidae collected in Mexico. *J. Entomol. Soc.* 6:165-180.
- von Ihering, H. 1898. A doença das jaboticabeiras. *Rev. Mus. Paul.* 3:45-49.
- Ware, G.W. and D.M. Whitacre. 2004. An introduction to insecticides. *In: Radcliffe's IPM World Textbook*. 4th (Ed.). University of Minnesota. Available in: [www.ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm](http://www.ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm). Date of consultation: octubre, 2016.
- Weppler, R.A., R.F. Luck and J.G. Morse. 2003. Studies on rearing *Metaphycus helvolus* (Hymenoptera: Encyrtidae) for augmentative release against black scale (Hymenoptera: Coccidae) in citrus in California. *Biol. Control* 28:118-128.
- Williams, D.J. and C.J. Hodgson. 2014. The case for using the infraorder Coccoomorpha above the 638 superfamily Coccoidea for the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha). *Zootaxa* 3869:348-350.
- Zambrano, C. y R. García. 2006. MIP en guayabo (*Psidium guajava* L.). p. 159-181. *En: Zambrano, C. y R. García* (Eds.). *Manejo integrado de plagas en frutales tropicales. Artrópodos y enfermedades*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Producciones Karol S.A. Mérida, Venezuela.