

STREPSIPTERA (INSECTA) OF MEXICO – A REVIEW

JEYARANEY KATHIRITHAMBY

Department of Zoology, South Parks Road, Oxford OX1 3PS, UK
 jeyaraney.kathirithamby@zoo.ox.ac.uk

ABSTRACT Strepsiptera are obligate endoparasites in other insects. They are cosmopolitan in distribution and parasitize 34 families of Insecta. The males are free-living and the females are totally endoparasitic (except in one family). A list of Strepsiptera from Mexico is given.

KEYWORDS Strepsiptera, parasitoid, Mengenillidia, Stylopida, Mexico.

RESUMEN Los Strepsiptera son endoparasitoides obligados de otros insectos. Su distribución es cosmopolita y parasitan a 34 familias de Insecta. Los machos son de vida libre y las hembras son completamente endoparasíticas (excepto en una familia). Se incluye una lista de Strepsiptera de México.

DESCRIPTORES Strepsiptera, parasitoide, Mengenillidia, Stylopida, México.

INTRODUCTION

Strepsiptera are obligate entomophagous parasites of cosmopolitan distribution with free-living adult males and endoparasitic females (except in one family). The males have large raspberry-like eyes, flabellate antennae, shortened forewings and large hind wings (Fig. 1). The females are neotenic and except for the extruded cephalothorax the rest of the body is bag-like and is endoparasitic (Fig. 2, 3). They parasitize Apterygota, Exo- and Endopterygota belonging to seven orders and 34 families of Insecta. Hosts include Thysanura, Blattodea, Mantodea, Orthoptera, Hemiptera, Diptera and Hymenoptera. There are about 600 described species of Strepsiptera world wide so far and 15 of these are from Mexico (Pierce 1909, 1961, Bohart 1943, Oliveira & Kogan 1959, Kinzelbach 1971, Brailovsky 1974, 1981, Brailovsky & Márquez 1974, Kifune & Brailovsky 1987, 1988,

Kathirithamby & Moya-Raygoza 2000, Cook 2001, Kathirithamby & Johnston 2004, Kathirithamby & Hughes 2006). Recent studies however indicate that there might be many more as cryptic species have been identified (Kathirithamby & Johnston 2004), and if so the true estimate might be nearer double the number. Here I review the natural history and classification of these insects and a list of Strepsiptera from Mexico is given.

LARVAL STAGES

1st instar larva. They are the host-seek stage of the strepsipteran and emerge live from the viviparous female mother to seek and parasitize new hosts. They have a sclerotized external cuticle with highly serrated ventral regions of the head, thorax and abdomen which is made-up of microtrichia with serrated edges with fringes which is presumably used to clinging to hosts before entry. Serrated

edges are also present on the intercoxal sternites (Pohl & Beutel 2004). The head has a pair of antennae, mandibles and labrium. The legs are slender with single-jointed tarsi without claws which are ventrally modified as adhesive pads. The tarsi of the pro- and mesothorax are similar but that of the metathorax are different. The abdomen has a pair or two of long cerci which are used for jumping.

Endoparasitic larval stages. There are a total of four larval stages (Kathirithamby et al. 1984) although previous estimates have been from one to seven instars (Nassonow 1910, Kirkpatrick 1937, Hassan 1939, Williams 1957, Baumert 1959, Greathead 1968, Riek 1970, Kathirithamby 1978, 1982, Waloff 1981). Scanning scanning and transmission electron microscopy found that the larval stages go through apolysis but not ecdysis (Kathirithamby et al. 1984).

On entering into the host the 1st instar moults to an apodous 2nd instar. The sexes are indistinguishable at this stage. A mouth and a gut are evident in the endoparasitic larval stages (Kathirithamby 2000).

Males at the 3rd instar possess three pairs of prolegs and a bulbous head, and the female has a rounded anterior region with a tapering abdomen.

Pupal stage of the male. In the family Mengenillidae at the end of the 4th instar both male and female emerge from the host to pupate externally (Fig. 4, 5). The free-living puparium of the male and female have antenna, mouth, eyes, legs and abdominal segments. The adult free-living male and a free-living neotenic female emerge from the free-living puparia. Unlike the Stylopidae the free-living female Mengenillidae have eyes, antennae, mouth parts, legs and a genital opening but are without wings (Silvestri 1941a, 1941b, 1943, Hofeneder 1910a) (Fig. 6).

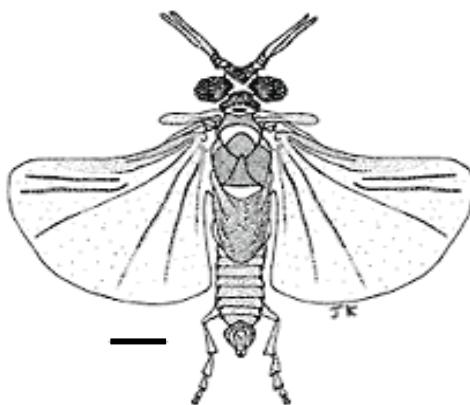


Fig. 1. Adult male *Xenos vesparum* Rossi from Italy. Scale bar = 0.8 mm.

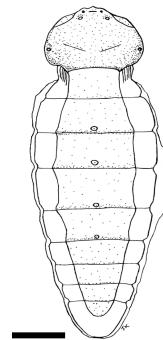
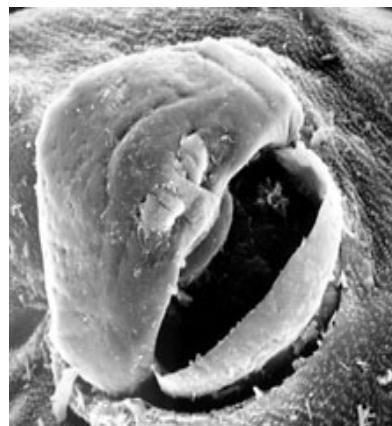


Fig. 2. Neotenic female *Xenos vesparum* Rossi from Italy. Scale bar = 0.8 mm.

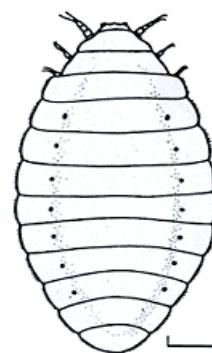


© 2002 J. Kathirithamby

Fig. 3. Cephalothorax of female *Elenchus varleyi* Kathirithamby from Australia (x 230).

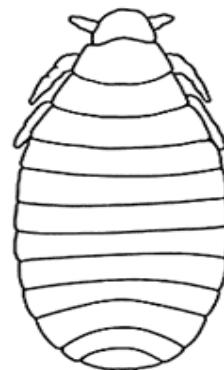
In the subfamily Stylopidae at the late 4th instar just before extrusion through the host cuticle the bulbous head of both the male and female develops mandibles. These are used during extrusion of the anterior region between the intersegmental membrane of the host cuticle. After extrusion the anterior region the head region sclerotizes to form the cap of the puparium (cephalothecae). The male hereafter pupates in a living host. The metamorphosis of the male takes place in two stages within the puparium (the pupal stage and pre-adult stage). During the pre-adult stage (the cuticle of the pupa is shed and is therefore not a pharate adult) the cuticle hardens (tans), the sperm matures, the wings expand and the flight muscles are developed (Kathirithamby 2009). The male emerges as a free-living adult by breaking the cephalotheca along the line of weakness (Kathirithamby 1983a, Kathirithamby et al. 1990). The only task a free-living adult male performs on emergence from the puparium is to excrete its meconium (waste products of pupal metabolism). It then takes flight immediately in order to seek and fertilize a female: the adult male has a very short life span (~ 5- 6 h) and there is no teneral period (when the cuticle is incompletely hardened) after emergence from the puparium. Unlike most other insects the metamorphosis to a free-living adult male in Strepsiptera therefore occurs within the puparium, during the pre-adult stage (Kathirithamby 2009).

Neotenic female. The female of Stylopidae, on extrusion the anterior region, forms the cephalothorax and becomes a neotenic female without undergoing a pupal instar and the posterior region remains endoparasitic. The cephalothorax has a brood canal opening which leads to brood canal. In the brood canal there are varying number of genital tubes which lead into the body cavity where the oocytes are situated.



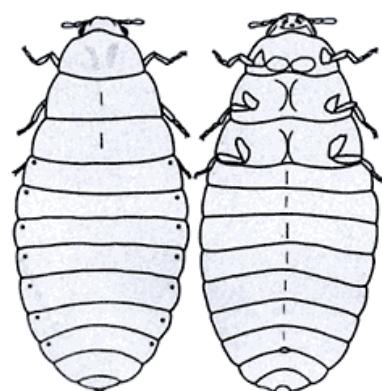
© 2002 J. Kathirithamby

Fig. 4. *Eoxenos laboulbenei* De Peyerimhoff male pupa (after Kinzelbach 1971). Scale bar = 500 µm.



© 2002 J. Kathirithamby

Fig. 5. *Mengenilla chobauti* Hofeneder female pupa (after Silvestri 1943). Total length 5800-6500 µm.



© 2002 J. Kathirithamby

Fig. 6. *Mengenilla chobauti* Hofeneder female adult (after Kinzelbach 1971). Total length 3200-7400 µm.

The male inserts the sperm in the brood canal opening, which travel down the brood canal, and via the genital tubes enter the body cavity. The oocytes are then fertilized after which the numerous embryos develop within the viviparous female. The 1st instar larvae leave the female via the genital tubes, up the brood canal and out to the open via the brood canal opening (Kathirithamby 2000).

ADULT MORPHOLOGY

Males have conspicuous flabellate antennae with raspberry-like compound eyes which have 15-150 individual ommatidia separated by cuticle or setae (Fig. 1). The mouthparts are composed of blade-like mandibles (absent in the family Corioxenidae) and maxillae. The mandibles in fossil strepsipterans are robust and very large (Grimaldi et al. 2005, Pohl et al. 2005).

The head is connected to a short, inconspicuous prothorax. The mesothorax bears the reduced forewings, which are analogous to the halteres in Diptera (Kathirithamby 1989a, Pix et al. 1993). The large (sometimes ten times larger) metathorax bears the asynchronous-type flight muscles (Smith & Kathirithamby 1984), and the large hind wings with reduced venation. The trochanter is absent in the fore- and mid legs and tarsi may be 2-5 segmented. There are ten abdominal segments, of which the ninth bears the aedeagus with no parameres, and the tenth segment overhangs the aedeagus.

Female strepsipterans are neotenic and viviparous (Fig. 2, 3) and in the family Mengenillidae are free-living and have a distinct head, eyes, antennae, legs, and genital orifice, but are wingless (Fig. 6). Neotenic females of the suborder Stylopida are devoid of all adult characteristics, and except for the extruded cephalothorax (Fig. 2). Posteriorly (the part that is endoparasitic in the host) is a mere “bag of eggs”. On the dorsal surface is a specialised area the structure of which is

analogous to the peritrophic matrix of the midgut of insects. Sperm is inserted by the male in the brood canal opening in the cephalothorax and this same opening is used for the emergence of the 1st instar larva. The brood canal has genital ducts (varying in number depending on the family) that lead to the haemolymph in the female where the free-floating oocytes are situated. Fertilization is by haemocoelic insemination and reproduction is by haemocoelous viviparity (Kathirithamby 2000).

BIOLOGY

The females of the extant Mengenillidae are free-living as adults, and both the males and females emerge to pupate externally. Pohl et al. (2005) speculate that the females of the fossil *Protoxenos janzeni* and Mengenillidae were free-living as adults as the males lack specialized hairs on the tarsi, which in the extant males of Stylopida are used for attachment to hosts during mating (Pohl & Beutel 2004).

There are only two free-living stages in Strepsiptera: the adult male and the 1st instar larva. The 1st instars emerge live from the viviparous female and are the host-seeking stage. The 1st instars have a segmented body with a head and thorax and would seek and enter the nymph or larval host. On entry they moult to a 2nd instar which is an apodous larva, thereby having hypometamorphic larval stages (Kinzelbach 1971, Kathirithamby 1989a, 1991, 2009). The 1st instar larvae of the family Stylopidae have also been reported to enter eggs of endopterygote hosts (Linsley & MacSwain 1957, Maeta et al. 2001, Hughes et al. 2003). 1st instar larvae of *Stichotrema dallatorreanum* Hofeneder in Papua New Guinea have been observed to enter their orthopteran hosts via the tarsi. On entry the 1st instar almost immediately moults to the 2nd apodous larval instar and then moves up the tibia and femur and eventually into the

abdomen of the host (Kathirithamby 2001).

Larval strepsipterans undergo unusual means of moulting whereby apolysis is not followed by ecdysis (Kathirithamby et al. 1984). There are four larval instars. At the end of the 4th instar the male extrudes the anterior region (cephalotheca) through the host cuticle and begins the pupal instar, and the female extrudes the cephalothorax and becomes a neotenic female, without an intervening pupal instar (Kathirithamby 2000).

At the end of the pupal instar the adult free-living male emerges from the puparium and seeks a female. The adult male has a very short life (~ 5-6 h). After insemination via the brood canal opening of the female the male dies almost immediately. The viviparous female is highly fecund and the numerous 1st instars (3,000-750,000) develop within her. The 1st instars emerge via the brood canal opening to seek new hosts (Kathirithamby 2000).

MORPHOLOGICAL EFFECTS OF STYLOPIZATION

Early work on the effects of stylopization was on Hymenoptera (Saunders 1850, Perez 1886, Wheeler 1910, Smith & Hamm 1914, Perkins 1918a, 1918b, Salt 1927). The most significant changes due to stylopisation is that male *Andrena* tend to resemble normal females and the pollen collection basket is reduced in females and males display a marked development.

The interchange of characters in stylopised bees have been referred to as “intersexes” (Salt 1927). Like bees stylopised, Delphacidae (Hemiptera) were also thought to be “intersexes” and “intermediate” forms (Otake et al. 1976). Esaki & Hashimoto (1931-1934, 1940) said that the sexes converged to a “neutral form”, or, that the host undergoes changes to resemble the sex of the parasite (Raatikainen 1966).

A detailed study of stylopised Delphacidae (Kathirithamby 1978, 1979, 1981, 1982,

1983b, 1985, 1988, 1989b) and studies in recently light trapped specimens in Tapachula, Chiapas in collaboration with Juan Barrera and colleagues revealed the following:

- i) Loss/reduction of the external (secondary sexual) organs such as ovipositor, aedeagus and genital rudiments which are more pronounced in the male than the female.
- ii) Loss of tertiary characters which are found only in the males such as the tymbal organs on the second abdominal segment and the apodemes, and the pygophore with only vestiges of the parameres and aedeagus or loss.

These features suggest that the development stops at a certain pharate stage but there is no interchange of sexual characters. Hence stylopised Delphacidae have a reduced/loss of sexual characters. Unlike the Hymenoptera there is no positive acquisition of sexual characters in the Delphacidae.

CLASSIFICATION

Strepsiptera is a monophyletic group. Kinzelbach (1971, 1978) divided the order into two suborders (Mengenillidia and Stylopida), and nine families based on Hennigian approach of morphological characters of adults (mainly males). Mengenillidia (*Mengea*, *Mengenilla*, *Eoxenos*, *Congoxenos*) were considered sister group to the Stylopida. *Mengea* (family Mengeidae) is a fossil family from the Baltic amber (Menge 1866, Kulicka 1979). Pohl (2002) carried out a cladistic analysis of morphological characters of the 1st instar larva and the results supported the suborder Stylopida, but the monophyly of the Mengenillidia could not be verified as the larvae of *Mengea* are not known. With the discovery of the fossil *P. janseni* (Pohl et al. 2005) from the Eocene Baltic amber the basal relationships within the order Strepsiptera were re-evaluated (Pohl et al. 2005) in which

the monophyly of the Mengenillidia was not confirmed in the analysis. A sister group relationship between the *Protoxenos* and all remaining subgroups, and between *Mengea* and extant Strepsiptera was well supported (Pohl et al. 2005). One fossil genus *Cretostylops* (Grimaldi et al. 2005) from the Cretaceous Burmese amber has also been described. Phylogenetic analysis confirmed the primitive position of *Cretostylops*, but it is not as primitive as *Protoxenos*. However, the generalized structure of the mandibles of both fossils is inconsistent with the hypothesis that Strepsiptera are related to Diptera, or closely related to the Mecopterida. The suborder Mengenillidia is not represented in the Neotropics or in Mesoamerica.

The suborder Stylopida has 7 Recent families (McMahon & Kathirithamby 2008), and is distinct from the Mengenillidia in that the females during the neotenic stage remain endoparasitic except for the extruded cephalothorax.

The five families of Stylopida present in Mexico are marked with species numbers in parenthesis and total of 15 species of Strepsiptera have been described from Mexico.

Suborder Mengenillidia

Mengeidae
Mengenillidae

Suborder Stylopida

Corioxenidae (4) (1 undescribed)
Myrmecolacidae (4)
Stylopidae
Xenidae (2)
Borhartillidae
Elenchidae (3)
Halictophagidae (2) (1 undescribed)

Corioxenidae

There are three genera: three species of *Trioziocera* (Fig. 7) have been described by Pierce (1909), Brailovsky & Márquez (1974) and Kifune & Brailovsky (1987); one species

of *Corioxenos* by Cook (2001); and in our recent studies with Juan F. Barrera and colleagues the genus *Malayaxenos* sp. n. has been found in traps in Tapachula (Barrera et al. 2008). Neither the females nor the hosts of the above genera are known.

Halictophagidae

Two species of *Halictophagus* have been recorded of which the females and cicadellid hosts are known: *Halictophagus naulti* Kathirithamby and Moya-Raygoza which is a parasite of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Fig. 8); and *H. acutus* Bohart the hosts of which are *Draeculacephala minerva* Ball and *D. mollipes* (Say). In collaboration with Juan F. Barrera and colleagues another species has been found in traps in Tapachula, the hosts are *Hortenisia similis* (Walker) and *Tylozygus bifidus* (Say) (unpublished) (Fig. 9).

Elenchidae

Three species have been described (Pierce 1908, 1961, Brailovsky 1981) which are morphologically similar to those collected in Tapachula by Juan F. Barrera and colleagues, and the taxonomy of this genus has to be studied by molecular characterization as they might be cryptic species (unpublished).

Myrmecolacidae

There are four genera in this family: *Caenocholax*, *Stichotrema*, *Lyncholax* and *Myrmecolax* of which only two, *Caenocholax* and *Stichotrema*, have been described from Mexico.

The males of Myrmecolacidae parasitize Hymenoptera (ants) and females parasitize Orthoptera (grasshoppers, crickets), and Mantidae (mantids) (Ogloblin 1939, Kathirithamby & Hamilton 1992, Kathirithamby & Johnston 2004).

Caenocholax fenyesi sensu lato (Fig. 10)

This is the only genus of Myrmecolacidae that is found in abundance throughout Mesoamerica and the Neotropics (Kathirithamby et al. 2007a, Hayward et al.



Fig. 7. *Triozocera* sp. Total length = 3 mm.



Fig. 8. *Halictophagus naulti* Kathirithamby & Moya-Raygoza from Morelos. a) Adult male (scale bar 400 μ); b) Frontal view of female cephalothorax (scale bar= 0.2 mm).



Fig. 9. *Halictophagus* sp. female cephalothorax (arrow). Width of cephalothorax = 0.2 mm.



Fig. 10. Adult male *Caenocholax fenyesi sensu lato*. Total length 1.3 mm.



Fig. 11. Male pupa of *Caenocholax fenyesi waloffi* Kathirithamby & Johnston (arrow) parasitic in *Dolichoderus bispinosus* Olivier Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae), Los Tuxtlas, Veracruz, x7.5.



Fig. 12. Cephalothorax of female *Caenocholax fenyesi waloffi* Kathirithamby (arrow) parasitic in *Macroanaxipha macilenta* (Sussure) (Orthoptera: Gryllidae) from Los Tuxtlas. x5.

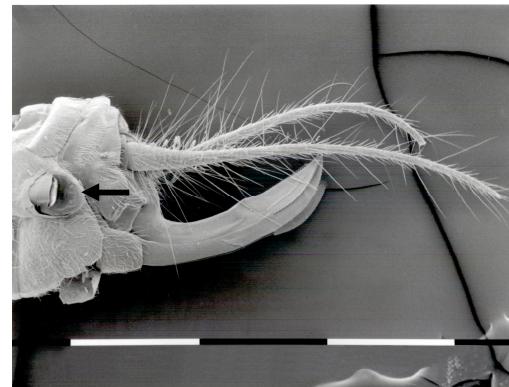


Fig. 14. Scanning electron microscope picture of cephalothorax of *Caenocholax fenyesi waloffi* Kathirithamby & Johnston (arrow) from Los Tuxtlas. Bar line = 1.0 mm.

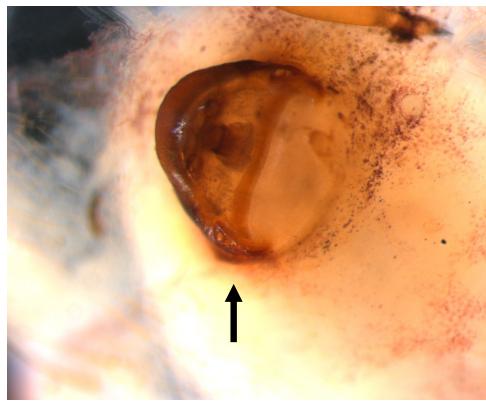


Fig. 13. Cephalothorax of female *Caenocholax fenyesi waloffi* Kathirithamby & Johnston (arrow) from Los Tuxtlas. x60.

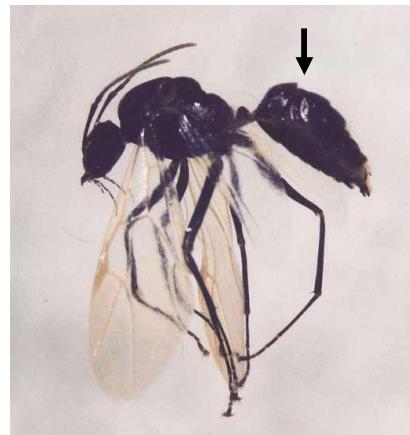


Fig. 15. *Camponotus planatus* Rodger with a male cephalotheca (arrow). Total length of ant = 5.2 mm.



Fig. 16. A *Pheidole* sp. with a broken male cephalotheca of *C. fenyesi* sensu lato (arrow). Total length of ant = 4.1 mm.



Fig. 17. Lateral view of male *Xenos hamiltoni* Kathirithamby & Hughes from Los Tuxtlas. x10.

2008, Kathirithamby & Henderickx 2008, Kathirithamby 2009). Pierce (1909) described *C. fenyesi* sensu lato from Veracruz but there were no host records, or females. In 2001 male *C. fenyesi* sensu lato were found parasitic in *Camponotus planatus* Roger (Formicidae: Formicinae) in Los Tuxtlas, Veracruz (Kathirithamby & Hughes 2002).

In 2002 male *C. fenyesi* sensu lato were found parasitic in *Dolichoderus bispinosus* Olivier (Formicidae: Dolichoderinae) (Fig. 11), and the females were found in *Macroanaxipha macilenta* (Sussure) (Orthoptera: Gryllidae) (Fig. 12-14). Molecular characterization found that the male

from the ant and the female from the cricket were 100% match and hence after 94 years of the discovery of *C. fenyesi* sensu lato the females were unambiguously matched and this species pair was named *C. fenyesi waloffi* (Kathirithamby & Johnston 2004). Hughes et al. (2003) reported the parasitization of the *C. planatus* by *C. fenyesi* sensu lato in Los Tuxtlas (Fig. 15). A dolichoderin ant was found in a trap with a broken cephalotheca of *C. fenyesi* sensu lato in Los Tuxtlas (Kathirithamby et al. 2007b); and a *Pheidole* sp. was found in a black light trap (run by Juan F. Barrera and colleagues) with a broken cephalotheca of *C. fenyesi* sensu lato from Tapachula (Fig. 16). *Camponotus atriceps* (Smith) was found to be parasitized by *C. fenyesi* sensu lato in Tapachula.

Morphologically similar *C. fenyesi* sensu lato were found to parasitize the red imported fireant *Solenopsis invicta* Buren (Formicidae: Myrmicinae) in Texas (Kathirithamby & Johnston 1992) and a comparison with *C. fenyesi waloffi* showed they were 14% divergent. The species from Texas was named *C. fenyesi texensis* Kathirithamby & Johnston 2004). This shows that *C. fenyesi* sensu lato is a species group (Kathirithamby 2009) and work with Juan F. Barrera and colleagues is being conducted to study the cryptic species in Mexico.

Stichotrema

Two species have been described: *S. trilobulatum* Brailovsky (1974) and *S. mexicanum* Kifune & Brailovsky (1987).

LIST OF STREPSIPTERA FROM MEXICO

This is a more up to date list to that of Kathirithamby (1992) and Kifune & Brailovsky (1988).

Family Corioxenidae Kinzelbach 1970: 106

Subfamily Triozerinae Kinzelbach 1970:

Genus *Trioziocera* Pierce 1909: 86Genotype: *Trioziocera mexicana* Pierce*T. mexicana* Pierce 1909: 86*Trioziocera texana* Pierce 1911: 491*Trioziocera paulistan* Kogan 1958: 421Host: *Pangaeus bilineatus* (Say) (Hemiptera: Cydnidae) Johnson 1972; Smith & Pitts 1974 (in the USA)

Female: unknown (in Mexico)

Distribution: Veracruz, Oaxaca

T. tecpanensis Brailovsky & Márquez 1974: 106

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Tecpan de Galeana, Guerrero

T. vernalis Kifune & Brailovsky 1987: 132

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Juárez, Puebla

Subfamily Corioxeninae Kinzelbach 1970: 106**Genus** *Corioxenos* Blair 1936: 116*C. acucyrtophallus* Cook 2001: 397

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: San Cristóbal, Chiapas

Genus *Malayaxenos* Kifune 1981: 323*Malayaxenos* sp. n.

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Tapachula, Chiapas

Family Halictophagidae Perkins 1905: 98**Subfamily** Halictophaginae Perkins 1905: 98**Genus** *Halictophagus* Dale (in Curtis 1832: 433)Genotype: *Halictophagus curtisi* Dale*H. acutus* Bohart 1943: 352Host: *Draeculacephala mollipes* (Say), *D. minerva* Ball (Hemiptera: Cicadellidae) Johnston & Morrison 1979 (in USA)

Female: unknown in Mexico

Distribution: Atzcapotzalco, D. F.

H. naulti Kathirithamby & Moya-Raygoza 2000Host: *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae)

Distribution: Morelos, Tlatizapán

Halictophagus sp. n.Host: *Hortenisia similis* (Walker) and *Tylozygus bifidus* (Say) (Hemiptera: Cicadellidae)

Distribution: Tapachula, Chiapas

Family Elenchidae Perkins 1905: 106**Genus** *Elenchus* Curtis 1831: 385Genotype: *Stylops walkeri* Curtis (=*Elenchus tenuicornis* (Kirby))*E. butzei* Brailovsky 1981: 374

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Tecolutla, Veracruz

E. koebelei Pierce 1908: 81*Elenchus tenuicornis* Baumert 1959 :400*Elenchinus heidemanni* Pierce 1918: 481Host: *Liburnia* sp., *Prokelisia marginata* (Van Duzee), *Prokelisia dolus* Wilson, *Sogatella kolophon* (Kirkaldy) (Hemiptera: Delphacidae) (in USA)

Female: unknown in Mexico

Distribution: Northern States

E. mexicanus (Pierce 1961: 467)*Sogatelenchus mexicanus* Pierce 1961: 467*Elenchus mexicanus* Kinzelbach 1971: 156Host: *Sogatodes* (*Sogata*) *cubanus*

(Crawford) (Hemiptera: Delphacidae) (in USA)

Female: unknown in Mexico

Distribution: Cotaxtla, Veracruz

Family Myrmecolacidae Saunders 1872: 20

Genus *Caenocholax* Pierce 1909: 88

Genotype: *Caenocholax fenyesi* Pierce 1909

C. fenyesi Pierce 1909: 88

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Veracruz, Tabasco

C. fenyesi waloffi Kathirithamby & Johnston 2004

Host: *Dolichoderus bispinosus* Olivier (male)
Macroanaxipha macilenta (Saussure) (female)

Distribution: Veracruz, Los Tuxtlas

Genus *Stichotrema* Hofeneder 1910b: 47

Genotype: *Stichotrema dallatorreanum* Hofeneder

S. mexicanum Kifune & Brailovsky 1988: 135

Host: unknown

Female: unknown

Distribution: Los Tuxtlas, Veracruz

Family Stylopidae Kirby 1813

Genus *Melittostylops* Kinzelbach 1971: 170

Genotype: *Melittostylops hesparapium* Kinzelbach

M. hesparapium Kinzelbach 1971: 170

Host: *Hesperapis rhodocerata* (Cockerell),
H. leucra (Cockerell) (Hymenoptera:
 Melittidae)

Female: unknwn

Distribution: Chihuahua, Baja California

Genus *Xenos* Rossi 1793: 49

Genotype: *Xenos vesparum* Rossius

X. hamiltoni Kathirithamby & Hughes 2006: 37

Host: *Polistes carnifex carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae)

Distribution: Los Tuxtlas, Veracruz

ACKNOWLEDGMENTS

My grateful thanks to Juan F. Barrera (El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR, Tapachula) for encouraging me to write this review. I am also grateful to him and his colleagues in Chiapas (Jaime Gómez, ECOSUR) and Veracruz (Jorge Valenzuela, Instituto de Ecología) for the help and logistic arrangements they make during out trips to Mexico; to Tila María Martínez, Director of Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México), Martin Ricker, Director of the Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (Veracruz), and staff of the station, for all the logistic help and for the permission to collect; to Malcolm Ryder for help with the plates, to Mike Wilson for the identification of the Cicadellidae. Grants from The Leverhulme Trust, the Royal Society and the Academia Mexicana de Ciencias facilitated the collaboration with Juan F. Barrera.

LITERATURE CITED

Barrera, J. F., J. Gómez, G. González & J. Kathirithamby. 2008. Estrepsípteros (Insecta: Strepsiptera) de Tapachula, Chiapas, México. In: Proceedings of XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. November 20-21, 2008. Zacatecas, México (In press).

Baumert, D. 1959. Mehrjährige Zuchten einheimischer Strepsipteren an Homopteren. 2. Hälfte. Imagines, Lebenszyklus und Artbestimmung von *Elenchus tenuicornis* Kirby. Zool. Beit. 4: 343-409.

Blair, K. G. 1936. A new genus of

- Strepsiptera. Pro. R. Entomol. Soc. Lond. Series B, 5: 113-117.
- Bohart, R. M. 1943.** New species of *Halictophagus* with a key to the genera in North America (Strepsiptera, Halictophagidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 36: 341-359.
- Brailovsky, H. 1974.** Una nueva especie de *Stichotrema* Hofeneder 1910 (Strepsiptera: Myrmecolacidae) para México. Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural, 35: 167-173.
- Brailovsky, H. 1981.** Una nueva especie de *Elenchus* Curtis 1831 (Strepsiptera: Elenchidae) para México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional, Autónoma de México, Serie Zoología (1980) 51: 373-376.
- Brailovsky, H. & C. Márquez M. 1974.** Una nueva especie Mexicana de *Trioziocera* Pierce (Strepsiptera, Mengeidae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 45: 105-110.
- Cook, J. L. 2001.** Review and first new world endemic of the strepsipteran genus *Corioxenos* Blair (Strepsiptera: Corioxenidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 103: 296-402.
- Curtis, J. 1831.** *Elenchus walkeri* [mit Mitt. von A. H. Haliday]. Brit. Entomol. 8: 338-383.
- Curtis, J. 1832.** *Halictophagus Curtissii* [mit Mitt. von J. Ch. Dale]. Brit. Entomol. 9: 38-384-433.
- Esaki, T. & S. Hashimoto. 1931-1934.** Report on the Leafhoppers injurious to the rice plant and their natural enemies. Publ. Entomol. Lab. Kyushu Imp. Univ. 2: 30-52; 3, 34-38; 4, 26-27; 5, 29-30.
- Esaki, T. & S. Hashimoto. 1940.** Bericht über die Reispflanze schädigende Zikaden und deren natürliche Feinde. Seb. Ges. naturf. Freunde Berlin. 1: 72-94.
- Greathead, D. 1968.** Further descriptions of *Halictophagus pontifex* Fox and *H. regina* Fox (Strepsiptera: Halictophagidae) from Uganda. Proc. R. Entomol. Soc. Lond. 37: 91-97.
- Grimaldi, D., J. Kathirithamby & V. Schawaroch. 2005.** Strepsiptera and triungula in Cretaceous amber. Insect Syst. Evol. 36: 1-20.
- Hassan, A. I. 1939.** The biology of some British Delphacidae (Homoptera) and their parasites with special reference to the Strepsiptera. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 89: 345-384.
- Hayward, A., D. P. McMahon & J. Kathirithamby. 2008.** Biodiversity and host relations of *Caenocholax fenyesi* sensu lato. In: 23rd Int. Cong. Entomol. 6-12th July, Durban. Abstr. 1722.
- Hofeneder, K. 1910a.** *Mengenilla* n.g. *Chobauti* n. sp. Eine neue Strepsiptere aus Nordafrika. Ber. Naturw.-med. Ver. Innsbruck 32: 33-58.
- Hofeneder, K. 1910b.** *Stichotrema* n.g. *Dallatorreanum* n.sp. Eine in einer Orthoptere lebende Strepsiptere. Zool. Anz. 36: 47-49.
- Hughes, D. P., G. Moya-Raygoza & J. Kathirithamby. 2003.** The first record among Dolichoderinae (Formicidae) of parasitism by Strepsiptera. Insectes Sociaux 50: 148-150.
- Johnson, V. 1972.** The female and host of *Trioziocera Mexicana* (Strepsiptera: Mengeidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 66: 671-672.
- Johnson, V. & W. Morrison. 1979.** New North America distribution records for four species of Strepsiptera. Entomol. News 90: 251-255.
- Kathirithamby, J. 1978.** The effects of stylopisation on the sexual development of *Javesella dubia* (Kirchbaum) (Homoptera: Delphacidae). Biol. J. Linn. Soc. Lond. 10: 163-179.
- Kathirithamby, J. 1979.** The effects of stylopisation on two species of planthoppers in the Krian District, West

- Malaysia (Homoptera: Delphacidae). J. Zool. Soc. (Lond.) 187: 393-401.
- Kathirithamby, J. 1981.** Common Auchenorrhyncha (Homoptera) in Rice Fields in South East Asia. Ministry of Agriculture, Malaysia. Bulletin 155:[1]-36.
- Kathirithamby, J. 1982.** *Elenchus* sp. (Strepsiptera: Elenchidae) a parasitoid of *Nilparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) in Peninsular Malaysia, p. 349-361. In: K. L. Heong, B. S. Lee, T. H. Lim, C. H. Teoh & Y. Ibrahim (eds.), Proceedings of the International Conference of Plant Protection in the Tropics, March 1982, Kuala Lumpur.
- Kathirithamby, J. 1983a.** The mode of emergence of the male *Elenchus tenuicornis* (Kirby) Strepsiptera: Elenchidae) from its puparium. Zool. J. Linn. Soc. 77: 97-102.
- Kathirithamby, J. 1983b.** A survey of the natural enemies of rice leaf and planthoppers in Peninsular Malaysia. Mini. Agri. Malaysia Publ. 15 p.
- Kathirithamby, J. 1985.** Parasitism of *Nilparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) by a strepsipteron parasite in Tanjung Karang, West Malaysia. J. Pl. Prot. Tropics 2: 42-44.
- Kathirithamby, J. 1988.** The twisted-winged parasitoid of Auchenorrhyncha, p. 631-639. In: C. Vidano & A. Arzone (eds.), 6th Auchenorrhyncha Meeting. Turin, Italy, September 7-11, 1987.
- Kathirithamby, J. 1989a.** Review of the order Strepsiptera. Syst. Entomol. 14: 41-92.
- Kathirithamby, J. 1989b.** Description and biological notes of the Australian Elenchidae (Strepsiptera). Invert. Taxo. 2: 175-195.
- Kathirithamby, J. 1991.** Strepsiptera, p. 684-695. In: I. D. Naumann, P. B. Carne, J. F. Lawrence, E. S. Nielson, J. P. Spradberry, R. W. Taylor, M. J. Whitten & M. J. Littlejohn (eds), The insects of Australia: A textbook for students and research workers. 2nd ed. Melbourne, CSIRO, Melbourne Univ. Press.
- Kathirithamby, J. 1992.** Strepsiptera of Panama and Mesoamerica, p. 421-431. In: Q. Quintero & A. Aiello (eds.), Insects of Panama and Mesoamerica: Selected Studies. Oxford University Press.
- Kathirithamby, J. 2000.** Morphology of the female Myrmecolacidae (Strepsiptera) including the *apron*, and an associated structure analogous to the peritrophic matrix. Zool. J. Linn. Soc. 128: 269-287.
- Kathirithamby, J. 2001.** Stand tall and they still get you in your Achilles foot-pad. Proc. R. Soc. Lond., B. 268: 2287-2289.
- Kathirithamby, J. 2009.** Strepsiptera host-parasitoid associations. Ann. Rev. Entomol. 54: 227-249.
- Kathirithamby & W. D. Hamilton. 1992.** More covert sex: the elusive females of Myrmecolacidae (Strepsiptera). Trends Ecol. Evol. 7: 349-351.
- Kathirithamby, J. & H. Hendrickx. 2008.** First record of the Strepsiptera genus *Caenocholax* in Baltic amber with the description of a new species. Phegea 149-156.
- Kathirithamby, J. & D. P. Hughes. 2002.** *Caenocholax fenyesi* Pierce (Strepsiptera: Myrmecolacidae) parasitic in *Camponotus planatus* Roger (Hymenoptera: Formicidae) in Mexico: Is this the original host? Ann. Entomol. Soc. Amer. 95: 558-563.
- Kathirithamby, J. & D. P. Hughes. 2006.** Descriptions and biological notes of the first species of *Xenos* (Strepsiptera: Stylopidae) parasitic in *Polistes carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae) in Mexico. Zootaxa 1104: 35-45.
- Kathirithamby, J. & G. Moya-Raygoza. 2000.** *Halictophagus naulti* sp. n. (Strepsiptera: Halictophagidae), a new species parasitic in the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) from Mexico. Ann. Entomol. Soc. Amer. 93: 1039-1044

- Kathirithamby, J. & J. S. Johnston. 1992.** Stylopization of *Solenopsis invicta* Hymenoptera: Formicidae) by *Caenocholax fenyesi* (Strepsiptera: Myrmecolacidae) in Texas. Ann. Entomol. Soc. Amer. 85: 293-297.
- Kathirithamby, J. & J. S. Johnston. 2004.** The discovery after 94 years of the elusive female of a myrmecolacid (Strepsiptera), and the cryptic species of *Caenocholax fenyesi* Pierce *sensu lato*. Proc R. Soc. B (Suppl. 3) 271: S5-S8.
- Kathirithamby, J., J. J. Gillespie, E. Jimenez-Guri, R. A. A. Cognato & J. S. Johnston 2007a.** High nuclear divergence in a dimorphic parasite with disparate hosts. Zootaxa 1693: 59-68.
- Kathirithamby, J., Luke, B. M. & A. C. Neville. 1990.** The ultrastructure of the preformed ecdysial 'line of weakness' in the puparous cap of *Elenchus tenuicornis* (Kirby) (Insecta: Strepsiptera). Zool. J. Linn. Soc. 98: 229-236.
- Kathirithamby, J., D. S. Smith, L. M. Lomas & B. M. Luke. 1984.** Apolysis without ecdysis in larval development of a strepsipteran *Elenchus tenuicornis* (Kirby). Zool. J. Linn. Soc. 82: 335-343.
- Kathirithamby, J., S. J. Taylor, J. E. Valenzuela, J. Gómez & J. F. Barrera. 2007b.** A light-trapped ant, *Dolichoderus bispinosus* (Formicidae) with evidence of stylopization by male *Caenocholax fenyesi waloffi* (Strepsiptera: Myrmecolacidae) from Mexico. Entomol. News 118: 279-282.
- Kifune, T. 1981.** Records of the Strepsiptera from West Malaysia, with descriptions of a new genus, *Malayaxenos*, and five new species. Kontyu 49: 322-333.
- Kifune, T. & H. Brailovsky. 1987.** Two new species of the Mexican Strepsiptera in the collection of the Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (Notulae Strepsipterologicae-XVIII). Kontyû 55: 132-138.
- Kifune, T. & H. Brailovsky. 1988.** Consideracion sinoptica de los Estrepsipteros Mexicanos y un prospecto a investigaciones futuras. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 58 (1987), 221-230.
- Kinzelbach, R. K. 1970.** *Loania canadensis* n. gen. n. sp. und die Untergliederung der Callipharixenidae (Insecta: Strepsiptera). Senckenbergiana Biol. 51: 99-107.
- Kinzelbach, R. K. 1971.** Morphologische Befund an Fächerflügler und ihre phylogenetische Bedeutung (Insecta: Strepsiptera). Zoologica 119: 256 p.
- Kinzelbach, R. K. 1978.** Strepsiptera. Die Tierwelt Deutschlands 65: 166 p.
- Kirby, W. 1813.** Strepsiptera a new order of insects proposed; and the characters of the order, with those of its genera, laid down. Trans. Linn. Soc. Lond. 11: 86-123.
- Kirkpatrick, T. W. 1937.** Studies on the ecology of coffee plantations in East Africa, II. The autecology of *Antestia* spp. (Pentatomidae) with a particular account of a strepsipterous parasite. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 86: 247-343.
- Kogan, M. 1958.** A new species of the genus *Trioziocera* Pierce from Brazil (Mengeidae, Strepsiptera). Stud. Entomol. 1: 421-426.
- Kulicka, R. 1979.** *Menge mengei* sp. n. from the Baltic amber. Proc. Muzeum Ziemi PAN 32: 109-112.
- Lindsay, E. G. & MacSwain, J. W. 1957.** Observations on the habits of *Stylops pacificus* Bohart. Univ. Calif. Pub. Entomol. 11: 395-430.
- Maeta, Y., K. Goukon, K. Kitamura & M. Ryoichi. 2001.** Factors that determine the positions where *Pseudoxenos iwatai* Esaki (Strepsiptera: Stylopidae) extrudes from the host abdomen. Tijds. Entomol. 144: 203-215.
- McMahon, D. P. & J. Kathirithamby. 2008.** A molecular phylogeny of Strepsiptera (Insecta).

- In: 23rd Int. Cong. Entomol. 6-12th July Durban. Abstr. 1906.
- Menge, A. 1866.** Ube rein Rhipidopteron und einige Helminthen im Bernstein. Schriften der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig 2: 1-8.
- Nassonow, N. V. 1910.** Untersuchungen zur Naturgeschichte der Strepsipteren-Aus dem Russischen übersetzt von Alexander v. Sipiagin. Anmerkungen und einem kritischen Anhang über einige Ansichten Meinerts betreffs Anatomie des Weibchens herausgegeben von Karl Hofeneder, S.J. Ber.Naturw.-med.Ver.Innsbruck,I-VII, 206 p.
- Ogloblin, A. A. 1939.** The strepsiptera parasites of ants. In: Inter. Cong. Entomol. Berlin (1938), 2: 1277-1284.
- Oliveira, S. J. & M. Kogan. 1959.** A contribution to the knowledge of the Brazilian Strepsiptera (Insecta). Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 57: 219-233.
- Otake, A., P. H. Somasundram & M. B. Abeykoon. 1976.** Studies on populations on *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) and thier parasites in Sri Lanka. App. Entomol. Zool. 11: 284-294.
- Pérez, J. 1886.** Des effects du parasitisme des *Stylops* sur les apiaries du genre *Andrena*. Actes Soc. Linn. Bordeaux 40: 21-60.
- Perkins, R. C. L. 1905.** Leafhoppers and their natural enemies (pt. 111). Stylopidae. Bull. Hawaiian Sugar Pl. Ass. Exper. Stat.1: 90-111.
- Perkins, R. C. L. 1918a.** Further notes on *Stylops* and styloped bees. Entomol. Mon. Mag. 54: 115-129.
- Perkins, R. C. L. 1918b.** The assembling and pairing of *Stylops*. Entomol. Mon. Mag. 54: 129-131.
- Pierce, W. D. 1908.** A preliminary review of the classification of the order Strepsiptera. Proc. Entomol. Soc. Wash. 9: 75-85.
- Pierce, W. D. 1909.** A monographic revision of the twisted winged insects comprising the order Strepsiptera Kirby. Bull. U.S. Nat. Mus. 66: 232 p.
- Pierce, W. D. 1911.** Notes on insects of the order Strepsiptera, with descriptions of a new species. Proc. U. S. Nat. Museum 40: (1834) 487-511.
- Pierce, W. D. 1961.** A new genus and species of Strepsiptera parasitic on a leafhopper vector of a virus disease of rice and other Gramineae. Ann. Entomol. Soc. Am. 54: 467- 474.
- Pix, W., G. Nalbach & J. Zeil. 1993.** Strepsipteran forewings are haltere-like organs of equilibrium. Naturwissenschaften 80: 371-374.
- Pohl, H. 2002.** Phylogeny of the Strepsiptera based on morphological data of the first instar larvae. Zool. Scripta 31: 123-134.
- Pohl, H. & R. G. Beutel. 2004.** Fine structure of adhesive devices of Strepsiptera (Insecta). Arthropoda Structure and Development 33: 33-43.
- Pohl, H., R. G. Beutel & R. K. Kinzelbach. 2005.** Protoxenidae fam. nov. from Baltic amber – “a missing link” in Strepsipteran phylogeny. Zool. Scripta 34: 57-69.
- Raatikainen, M. 1966.** The effects of different sexes of the parasite *Elenchus tenuicornis* (Kirby) on the morphology of the adult *Javesella pellucida* (F.) (Homo. Delphacidae). Suomen Hyonteistieteen Ilmainen Aikakauskirja 32: 138-146.
- Riek, E. F. 1970.** Strepsiptera, p. 622-635. In: I. M. Mackerras (ed.). The insects of Australia. A textbook for students and research workers. 1st ed. Melbourne University Press, Carlton, Australia.
- Rossi, P. 1793.** Observations de M. Rossi sur un nouveau genre d’Insecte, voisin des Ichneumons. Bull.Soc. Philomatique 1: 49.
- Salt, G. 1927.** The effects of stylopisation on Aculeate Hymenoptera. J. Exp. Zool. 48: 223-331.
- Saunders, S.S. 1872.** Stylopidarum, ordinem Strepsipterorum Kirbii constituentium, mihi tamen potius Coleopterorum

- Familiae, Rhiphoridis Meloidisque propinquae, Monographia. Trans. Entomol. Soc. Lond. 1872: 1-48.
- Silvestri, F. 1941a.** Notizie, specialmente corologiche e biologiche sulle specie di *Mengenilla* (Insecta, Strepsiptera) finora tro-vate in Italia. Acta Pontif. Acad. Sci. 5:57-65.
- Silvestri, F. 1941b.** Studi sugli "Strepsiptera" (Insecta). I. Ridescrizione e ciclo dell'*Eoxenos Laboulbenei* Peyerimoff (sic!). Boll. Lab. Zool. Gen. Fac. Agr. Portici 31: 311 -341.
- Silvestri, F. 1943.** Studi sugli "Strepsiptera" (Insecta). III. Descrizione e biologia di 6 specie italiane di *Mengenilla*. Boll. Lab. Zool. Gen. Fac. Agr. Portici 32: 197-282.
- Smith, G. & A. H. Hamm. 1914.** Studies in the experimental analysis of sex. Pt. II. On *Stylops* and stylopization. Quart. J. Micros. Sci. 60: 435-461.
- Smith, J. W. & J. T. Pitts. 1974.** Pest status of *Pangeus bilineatus* attacking peanuts in Texas. J. Econ. Entomol. 67: 111-113.
- Smith, D. S. & J. Kathirithamby. 1984.** Atypical "fibrilla" flight muscles in Strepsiptera. Tissue and Cell 16: 929-941.
- Waloff, N. 1981.** The life history and descriptions of *Halictophagus silwoodensis* n. sp. (Strepsiptera) and its host *Ulopa reticulata* (Cicadellidae) in Britain. Syst. Entomol. 6: 103-113.
- Wheeler, W. M. 1910.** The effects of parasitic and other kinds of castration in insects. J. Exp. Biol. 8: 377-438.
- Williams, J. R. 1957.** The sugar cane Delphacidae and their natural enemies in Mauritius. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 109: 65-110.

Recibido: 12 de mayo del 2006

Aceptado: 18 de enero del 2007

CONTROL BIOLÓGICO DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA *SCHISTOCERCA PICEIFRONS PICEIFRONS* WALKER (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE) EN EL NORESTE DE MÉXICO

L. BARRIENTOS-LOZANO¹, D. M. HUNTER², J. ÁVILA-VALDÉZ³, P. GARCÍA-SALAZAR⁴ & J. V. HORTA VEGA¹

¹ Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Cd. Victoria, Tamaulipas, C.P. 87010. México. ludibarrientos@prodigy.net.mx

² Australian Plague Locust Commission GPO Box 858, Canberra ACT 2601. Australia.

³ INIFAP- Campo Experimental Sur de Tamaulipas, Apdo. Postal 10, Altamira, Tamaulipas, C.P. 89610. México.

⁴ Junta Local de Sanidad Vegetal-Mante, DDR 161, Cd. Mante, Tamaulipas, México.

RESUMEN La langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) presenta explosiones poblacionales frecuentes en México y Centro América. De aproximadamente diez especies del género *Schistocerca* que ocurren en México, ésta es la única con transformación fásica y capacidad de gregarizar y emigrar grandes distancias. Por décadas sus altas poblaciones se han controlado casi exclusivamente con productos químicos; hasta 1989-1990 con organoclorados, después con organofosforados y carbamatos, principalmente. En 1998 se iniciaron estudios en México para desarrollar alternativas de manejo más benignas con el ambiente. Estos trabajos condujeron al desarrollo de un bioinsecticida cuyo ingrediente activo es *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. Esporas de los aislamientos MaPL40 y MaPL32 (4×10^{10} esporas/g), se recomiendan en dosis de 25 g de esporas/ha para controlar ninfas de 1º a 5º estadio, o de 50 g para ninfas de 6º estadio y volador joven (no se recomienda contra adultos de más de tres semanas o mangas). La aplicación es convencional o de Ultra Bajo Volumen (UBV). Las aplicaciones a UBV son preferidas, pues las esporas del patógeno son lipofílicas, por lo que su dispersión en aceite facilita la adherencia a la cutícula del insecto, favorece la adherencia y las protege de la deshidratación, resultando en mayor efectividad. Para las aplicaciones UBV se recomienda mezclar las esporas en 1-2 l de aceite de soya crudo o citrolina/ha. Estudios de campo y laboratorio demuestran la efectividad de *M. a. acridum*, no obstante el producto no se usa de manera operacional debido a limitantes en producción masiva y manejo.

DESCRIPTORES Langosta centroamericana, control biológico, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

ABSTRACT The Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) exhibits frequent outbreaks in Mexico and Central America. Out of the ten species of the genus *Schistocerca* that occur in Mexico, this is the only one with phase transformation, capable of gregarizing and migrating long distances. For decades locust populations have been controlled with chemical products almost entirely; till 1989-1990 with organochlorines, later with organophosphates and carbamates, mainly. A Technical Cooperation Programme was started in 1998 to develop, introduce or validate appropriate technology for locust control in this region. As a result, native isolates of the natural occurring fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* have been developed as biological insecticides. Spores of the Isolates MaPL40 and MaPL32 of *M. a. acridum*.

acridum are recommended, (4×10^{10} spores/g), at a dose of 25 g spores/ha to control 1st to 5th instar nymphs, or 50 g spores/ha to control 6th instar nymphs or young adults; the product is not recommended for more than three weeks old adults or swarms. Conventional or Ultra Low Volume (ULV) spraying may be used. ULV spraying is preferred, since *M. a. acridum* spores are lipophilic, oil suspension facilitates penetration through integument of insects, favours adherence and prevents desiccation resulting in a more effective product. For ULV applications spores of *M. a. acridum* are mixed in 1-2 l crude soy oil or citrolina/ha. Laboratory and field trials have demonstrated the efectivity of *M. a. acridum* against the Central American locust, however the mycoinsecticide is not used operationally yet, due to mass production and management limitants.

KEYWORDS Central American Locust, biological control, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

INTRODUCCIÓN

Al menos diez especies del género *Schistocerca* (Orthoptera: Acridoidea) se presentan en México: *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, *S. pallens* Thunberg, *S. nitens* Thunberg, *S. americana* Drury, *S. centralis* Dirsh & Saussure, *S. camerata* Scudder, *S. flavofasciata* DeGeer, *S. damnifica* Saussure, *S. obscura* Fabricius y *S. shoshone* Thomas (Barrientos 2003, Weissman et al. 2005). De éstas, solamente *S. p. piceifrons* es gregaria, con transformación fásica y con capacidad para emigrar grandes distancias (Astacio 1990, Barrientos 2002, 2003).

El área de distribución de *S. p. piceifrons* se extiende desde el noreste de México hasta Costa Rica, siendo por tradición una de las principales plagas agrícolas en el sureste de México (Península de Yucatán, Campeche, Chiapas, Quintana Roo) y Centro América (Barrientos 1990). Sin embargo, los hábitos migratorios de la langosta le han permitido ampliar su distribución geográfica a otros estados donde las condiciones son propicias para su desarrollo. A la fecha, al menos dieciséis estados tienen problemas con esta plaga en México (DGSV 2003).

Las poblaciones de langosta empezaron a incrementarse en la región Huasteca, noreste de México (sur de Tamaulipas, Oriente de San Luis Potosí, Norte de Veracruz e Hidalgo) a partir de 1998. Actualmente la langosta

voladora se encuentra en fase gregaria en esta región. Entre los primeros reportes sobre la presencia de mangas de langosta en el sur de Tamaulipas se tiene el de Trujillo (1975), quien indica que en mayo de 1964 se controlaron mangas de *S. p. piceifrons* en Cd. Mante; posteriormente en 1980, García (2002) reporta haber observado una manga de langosta en González, Tamaulipas.

A solicitud de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Cd. Mante (JLSV-Mante) y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Sur del Estado de Tamaulipas (CESTAM), en 1998 se iniciaron actividades de asistencia técnica e investigación conjunta para el manejo y control de la langosta. Las acciones de monitoreo y control permanente contra esta plaga se iniciaron en 1998, en el sur de Tamaulipas, intensificándose de 2001 a la fecha; gradualmente el monitoreo y control de la plaga se han extendido a todos los estados afectados. Sin embargo, estas acciones no han sido suficientes para detener el incremento en las poblaciones de langosta cuyas mangas se desplazan de un estado a otro, ocasionando pérdidas importantes a la agricultura y la ganadería, principales actividades económicas en la región (Barrientos et al. 2002, 2003a, b).

El control químico es a la fecha la manera más rápida y efectiva de reducir las poblaciones de langosta cuando ocurre una explosión poblacional, sin embargo, los costos ambientales y daño a los ecosistemas pueden

ser muy altos, sobretodo cuando se asperjan productos químicos en áreas extensas.

Diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver y Milner (= *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal), han sido desarrollados como insecticidas biológicos para el control de langostas y acridoideos plaga. En África del Sur y África Occidental se comercializa el aislamiento IMI 330189 de *M. a. acridum* para el control de la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria* Forskål) y otros saltamontes plaga (Lomer y Langewald 2001, Lomer et al. 2001a,b).

En Australia se usa con mucho éxito el aislamiento FI-985, que se comercializa con el nombre de Green GuardTM para el control de la langosta australiana (*Chortoicetes terminifera* Walker (Milner 2000, 2002a, b, Hunter et al. 2001, Milner y Hunter 2001, Milner et al. 2003, Hunter 2005).

En México y Brasil se han buscado aislamientos nativos de *M. a. acridum*, determinándose los más virulentos y patogénicos contra langosta y acridoideos plaga. En México los aislamientos MaPL32 y MaPL40 han proporcionado buenos resultados.

En Brasil se ha probado con resultados satisfactorios el aislamiento CG423 (Barrientos y Milner 2000, Hernández et al. 2000, 2003, Magalhães et al. 2001, Barrientos et al. 2002, Hernández 2002, Magalhães y Boucias 2003, Barrientos 2004, Magalhaes y De Faria 2005).

Uno de los objetivos principales de la asistencia técnica y la colaboración con la JLSV-Mante y el CESTAM, fue introducir y validar tecnología, así como productos alternativos para el control de la langosta.

En este trabajo se presenta información sobre la efectividad de los aislamientos MaPL32, MaPL40 y FI-985 para el control de *S. p. piceifrons* bajo condiciones de campo y se abordan los avances y las limitantes para el control biológico de esta plaga en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento en 2002

Un primer ensayo se realizó del 22 de octubre al 12 de noviembre de 2002 en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, sobre cultivo de soya, en lotes experimentales de 4 ha. Se utilizó el aislamiento MaPL32 y se probaron tres dosis: 25, 50 y 75 g de esporas (4×10^{10} esporas/g) por hectárea sobre ninfas de 3º a 5º instar. La densidad de población media fue de 12-15 ninfas/m². La aplicación fue convencional en forma terrestre. Las esporas fueron producidas mediante acuerdo de colaboración por el Australian Seed Inoculants (ASI Pty Ltd.), posteriormente Bio-Care Technology Pty Ltd. (Australia), ahora Becker Underwood Pty Ltd. Las esporas fueron formuladas en Australia en octubre de 2001 y mantenidas a temperatura de 5-6°C. Antes de la aplicación mostraron una viabilidad de 90% en pruebas de laboratorio.

Experimentos en 2003 (lotes de 4 ha)

Dos experimentos adicionales se realizaron en Estación Cuauhtémoc en octubre-noviembre de 2003 sobre cultivo de soya, también en lotes experimentales de 4 ha. La primera aplicación, realizada del 1 al 22 de octubre, se hizo en forma aérea-convencional, es decir la esporas de *M. a. acridum* se suspendieron en agua; la segunda aplicación fue en forma terrestre-convencional, del 22 de octubre al 8 de noviembre. En ambos experimentos se probaron los aislamientos MaPL32 y FI985, dosis de 25g esporas (4×10^{10} esporas/g) por hectárea sobre ninfas de 4º a 6º estadio. Las esporas fueron producidas por ASI Pty Ltd.

Experimentos en 2003 (lotes > 15 ha)

Del 5 al 20 de noviembre de 2003 se realizó un último experimento en el NCP

Aurelio Manríquez, Ejido Alfredo B. Bonfil, Municipio de Ébano, San Luis Potosí. Dos lotes (sitios 1 y 2) de 25 y 15 ha respectivamente, fueron tratados con el aislamiento MaPL32, cuyas esporas fueron producidas en el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico en Tecomán Colima, México. Un lote de 25 ha fue tratado con el aislamiento FI-985, con esporas producidas en Bio-Care Technology Pty Ltd. Para ambos aislamientos se utilizó una dosis de 25 g de esporas/ ha formuladas en aceite de soya crudo.

Los cultivos en el sitio 1 (25 ha), tratado primero, estaban distribuidos en franjas de maíz maduro, de ca. 2 m de altura, soca de sorgo y sorgo maduro de 0.80 a 1.0 m de altura. El sitio 2 (15 ha) fue similar al primero, con una franja de maíz maduro y otra de sorgo prácticamente maduro. En el sitio 3 (25 ha), tratado con el aislamiento FI-985, los cultivos fueron sorgo maduro de ca. 1.0 m de altura, soca de sorgo y maleza de ca. 1.0 m de altura. Un lote adyacente de sorgo maduro y maleza fue dejado sin tratar (sitio 4). Las infestaciones eran ocasionadas por ninfas de 5º y 6º instar y volador joven.

Las esporas de ambos aislamiento de *M. a. acridum* se formularon en aceite de soya crudo, en proporción de 2.0 l de aceite más 25 g de esporas/ha, previo a la aplicación aérea de las mismas. La concentración de ambos aislamiento (MaPL32 y FI985) fue de 4×10^{10} esporas/g. La densidad de población de la plaga se estimó en seis transectos por sitio experimental, con intervalos de 100 m entre cada uno. El número de ninfas, más el número de adultos/m² se estimó en cada transepto a intervalos de 15 pasos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento en 2002

El porcentaje de mortalidad para cada una de las tres dosis probadas fue $\leq 90\%$. Con base

a este resultado, se utilizaron 25 g de esporas de *M. a. acridum*/ha en los ensayos realizados en 2003.

Los síntomas empezaron a observarse a partir del 4º día después de la aplicación, notándose las ninfas más lentas, con menor desplazamiento y disminuyendo el consumo de alimento. La mortalidad pico se observó para al 12º día, ocurriendo la esporulación de ninfas en campo, principalmente a través de tarsos y palpos.

Estos resultados están de acuerdo a los reportados por Barrientos-Lozano et al. (2002) y Hernández Velázquez et al. (2003). Sin embargo, en estos ensayos el efecto del producto se prolongó hasta el 22º día después de la aplicación, probablemente como consecuencia de la alta humedad relativa, fecha en la que aún se contaron 10-12 ninfas muertas/m², algunas esporuladas. Las lluvias frecuentes durante este periodo impidieron hacer las evaluaciones de manera consistente; no obstante la alta humedad relativa favoreció la efectividad y longevidad del producto.

Experimentos en 2003 (lotes de 4 ha)

Los resultados de estos experimentos se muestran en las Fig. 1 y 2. El tratamiento más efectivo fue el aislamiento australiano FI985, que proporcionó $\leq 90\%$ de mortalidad entre el 14º y 17º día después de la aplicación (Fig. 2). La mortalidad ocasionada por el aislamiento MaPL32 fue $\leq 50\%$ (Fig. 1 y 2).

Las esporas del aislamiento MaPL32 que habían sido producidas en octubre de 2001 por ASI Pty Ltd. en Australia, para octubre de 2003 mostraron 74% de viabilidad, lo cual podría explicar el bajo porcentaje de efectividad. El incremento en la sobrevivencia de 20% el día 16º a casi 60% el día 22º, se debe a que los lotes tratados frecuentemente son reinfestados por ninfas y adultos, lo cual ocurrió con el lote tratado con el aislamiento FI985.

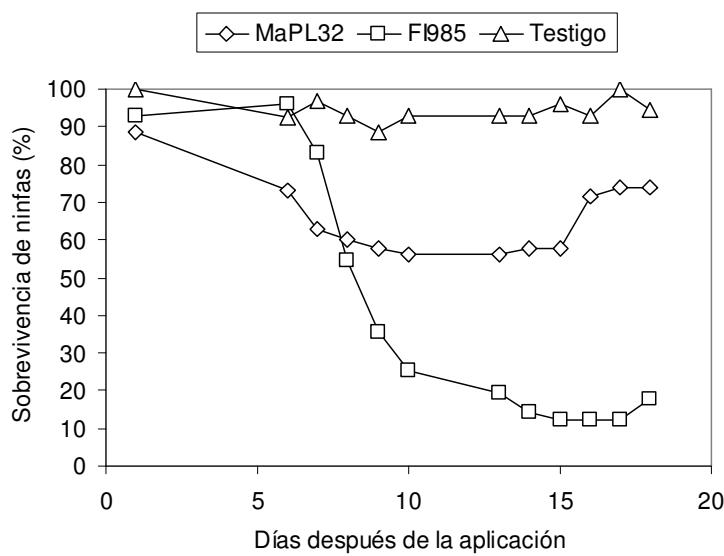


Fig. 1. Porcentaje de sobrevivencia de ninfas de *S. p. piceifrons* tratadas con aplicación terrestre de *M. a. acridum*. Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. 1 a 22 de octubre de 2003.

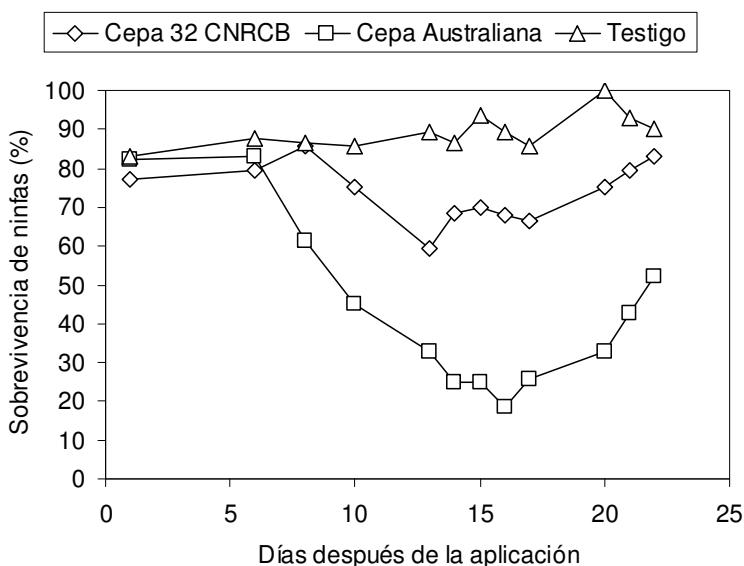


Fig. 2. Porcentaje de sobrevivencia de ninfas de *S. p. piceifrons* tratadas con aplicación aérea de *M. a. acridum*. Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. Del 22 de octubre 2003 al 8 de noviembre de 2003.

Experimentos en 2003 (lotes > 15 ha)

La mayoría de las ninfas y adultos se encontraban sobre el suelo o reposando en el

tallo de las plantas de maíz y sorgo, comportamiento asociado con su estado de desarrollo. Sobre la soca del sorgo la densidad media de langostas fue 3-5 ninfas/adultos/m²,

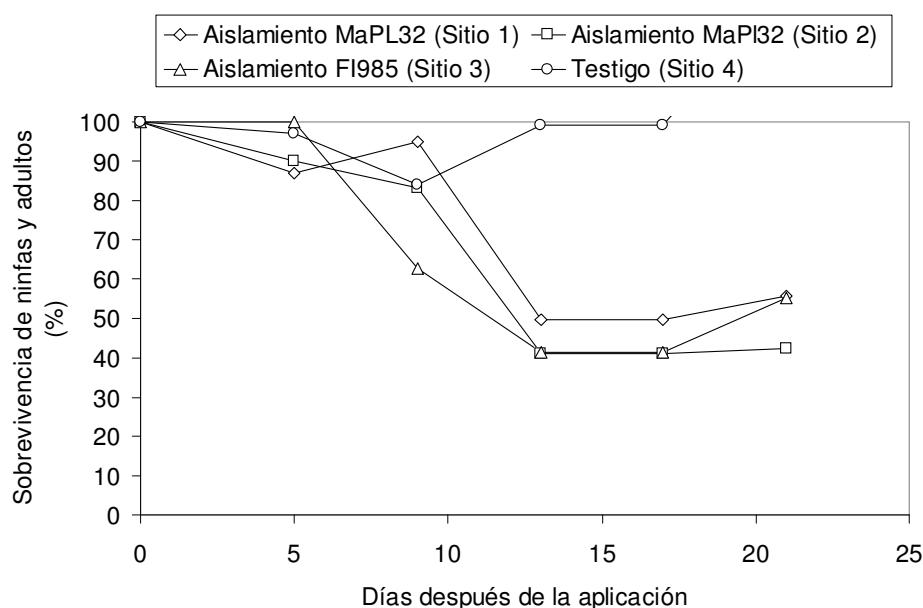


Fig. 3. Porcentaje de sobrevivencia de *S. p. piceifrons* después de aplicaciones de *M. a. acridum* (MaPL32, México; FI985, Australia). N = 36-137 muestras por sitio.

mientras que en sorgo y maíz maduro la densidad media fue 10-12 ninfas/m², con sub-bandas de 30-50/m² en algunas áreas. Es posible que los sub-bandas marchando entre la vegetación densa no hayan sido expuestos lo suficiente al producto.

Al 5º día después de la aplicación, cerca de 50% de las ninfas habían pasado al estado adulto; los adultos jóvenes se observaban reposando en el tallo de plantas de maíz o sorgo en densidades altas, aspecto similar al de una manga. Al 9º día se observó disminución en la densidad de población, contándose de 3-5 insectos muertos/m² en los sitios 1 y 3 y hasta 10-12/m² en el sitio 2, donde inicialmente se encontraban sub-bandas de 30-50 ninfas/adultos/m². Para el día 13º se contaron hasta 20-25 insectos muertos/m² en el sitio 2, observándose una disminución promedio de 60-70% en los tres sitios tratados (Fig. 3). Despues del día 20º no hubo incremento en la mortalidad, en referencia a la observada para el día 13º. La mortalidad pico ocurrió entre el

9º y 13º día después de la aplicación, con una temperatura promedio de 30°C, condiciones similares a las que ocurre la mortalidad pico en Australia durante el verano, con días más largos y temperatura media de 30-35°C (Hunter et al. 2001).

Efecto de la altura y densidad del cultivo

Para los ensayos realizados en el 2002 las tres dosis proporcionaron un alto porcentaje de mortalidad ($\leq 90\%$), lo cual pudo atribuirse a que la aplicación se hizo sobre la soya, un cultivo de poca altura y poco denso, condición que favorece una buena distribución y cobertura del bio-insecticida y facilita su contacto con las ninfas. Resultados similares se obtuvieron cuando *M. a. acridum*, cepa MaPL32, fue aplicado contra bandos de langosta en pastizales (Hernández et al. 2003).

Por el contrario, en el segundo experimento de 2003 (5-20 de noviembre), la aplicación se realizó sobre sorgo y maíz,

ambos cultivos con una altura de 0.80 m o más, lo cual pudo haber dificultado la penetración de las gotas del producto y su distribución no fue homogénea, por lo que la efectividad fue menor ($\leq 70\%$). Scanlan et al. (2001) indican que cuando la vegetación es muy alta y muy densa, gran parte del producto cae en la parte más alta de las plantas y poco de éste alcanza las ninfas o adultos blanco que se encuentren en el suelo o reposan sobre el tallo y debajo de las hojas, en cuyo caso se requiere aplicar dosis más altas. Dosis de 50-75 g de esporas/ha en vegetación alta y densa han dado excelentes resultados en Australia y en México (Hunter et al. 1999, Barrientos et al. 2002, Hernández et al. 2003).

Factores que limitan el uso operacional de *M. a. acridum*

La investigación de laboratorio y campo que se ha realizado en México para el control biológico de la langosta voladora con *M. a. acridum*, ha sido fructífera y de suma importancia (Barrientos & Milner 2000, Hernández et al. 2000, Barrientos et al. 2002, 2003, Milner et.al. 2003, Barrientos 2004). No obstante, no ha sido suficiente para conducir al uso operacional del producto; se considera que al menos 25-30% de la superficie afectada anualmente por la plaga de langosta debiera manejarse con este u otro producto biológico, para tener en la práctica un manejo integrado de la misma. Algunos de los factores que limitan el uso operacional de *M. a. acridum* en México se abordan brevemente.

Los aislamientos MaPL32 y Ma PL40 han demostrado buena efectividad para el control de la langosta centroamericana (*S. p. piceifrons*). No obstante, el aislamiento MaPL32 ha proporcionado consistentemente mejores resultados en campo que el aislamiento MaPL40 (Barrientos et al. 2002, Hernández et al. 2003), además de tener actividad a un rango más amplio de temperatura (15-35°C) (Milner et al. 2003).

Dosis de 25-50 g de esporas/ha de *M. a. acridum*, cepa MaPL32, proporcionan resultados excelentes contra la langosta centroamericana. Sin embargo, se requieren ensayos de campo adicionales, bajo diferentes condiciones (temperatura, precipitación, vegetación, tipos de cultivo, etc.), para poder dar una recomendación de acuerdo al cultivo, condiciones ambientales y características de la infestación. La baja producción de esporas de *M. a. acridum* por kilogramo de arroz es un problema adicional, ya que es de solamente 10-12 g, mientras que en Australia y África, donde se usa el mismo hongo para el control de plagas de langosta, logran producir hasta 70-100 g de esporas/kg de arroz (Hunter 2005).

Para hacer accesible el producto y la tecnología de su manejo a productores y personal de campo, es indispensable aumentar la producción de esporas por kilogramo de arroz, lo cual disminuirá el costo del producto por hectárea, haciéndolo competitivo con los productos químicos disponibles. El problema de producción de esporas por kilogramo de arroz ha sido abordado por Cepeda et al. (2005a, b); haciendo ajustes en la metodología de producción, estos autores lograron incrementar la producción hasta 60 g de esporas/kg de arroz.

Resueltos los problemas técnicos de producción de esporas, calidad de producción, formulación y almacenaje, podrá darse la atención adecuada a la tecnología de aplicación y evaluación en campo.

El efecto del producto sobre otros organismos (aves, peces, invertebrados) y el ambiente en general, deberá ser también debidamente documentado.

LITERATURA CITADA

- Astacio, C. O. 1990.** La Langosta voladora o chapulín *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) en Centroamérica. OIRSA. Nicaragua. 42 p.

- Barrientos L., L. 1990.** La langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons* Walker, 1870) (Orthoptera: Acrididae). Plaga mayor de la agricultura en el SE de México y Centro América: Impacto y Significancia. BIOTAM 2: 31-37.
- Barrientos L., L. 2002.** El problema de la langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) en México y Centro América, p. 1-6. In: L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria del Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Barrientos L., L. 2003.** Orthopteros plaga de México y Centro América: Guía de Campo. Dinámica Impresa S.A. México. 114 p.
- Barrientos-Lozano, L. 2004.** Uso actual, futuro y comercialización de hongos entomopatógenos en el control de plagas. TecnoIntelecto Vol. 1: 1-10.
- Barrientos-Lozano, L., P. García-Salazar & J. Ávila-Valdez. 2003a.** Management of a locust outbreak in Mexico, p. 25-27. In: J. A. Lockwood (ed.). Advances in Applied Acridology, Vol. 3. Association for Applied Acridology International. USA.
- Barrientos L., L., P. García Salazar & J. Ávila Valdez. 2003b.** Introducción y validación de tecnología para el control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) en México, p. 2. In: Memoria del 15º Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Mayo 29-30. Altamira, Tamaulipas. México.
- Barrientos-Lozano, L., V.M. Hernández-Velázquez, R.J. Milner & D.M. Hunter. 2002.** Advances in biological control of locusts and grasshoppers in Mexico. Journal of Orthoptera Research 11: 77-82.
- Barrientos L., L. & R. J. Milner. 2000.** Uso potencial de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* para el control biológico de acridoideos en América Latina, p. 189-192. In: Memorias XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, México.
- Cepeda, P. M. G., L. Barrientos L. & S. E. Salazar. 2005a.** Comparación de dos metodologías para la producción masiva de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, p. 64-72. In: L. Barrientos-Lozano & P. Almaguer-Sierra (eds.), Memoria del 2º Curso Internacional Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en America Latina. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Cepeda, P. M. G., L. Barrientos L. & S. E. Salazar. 2005b.** Comparación de dos metodologías para incrementar la producción de esporas de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, p. 57-62. In: M.R. Bujanos, C.J.C. Delgado, M.F. Tamayo & J.A. Marín (eds.), Memorias XXVIII Congreso Nacional de Control Biológico. Noviembre 18-25, 2005. San Miguel de Allende Guanajuato, México.
- [DGSV] Dirección General de Sanidad Vegetal-Servicio Nacional de Sanidad Vegetal, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2003.** Memoria del Curso Regional sobre la langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons*). Abril 28-30. Campo Experimental Ébano. CIRNE-INIFAP-SAGARPA. 93 p.
- García, S. P. 2002.** Situación actual del problema de la langosta en el sur del estado de Tamaulipas, p. 12-14. In: L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Hernández-Velázquez, V. 2002.** Desarrollo de un insecticida biológico en México: producción, formulación y aplicación, p. 159-168. In: L. Barrientos Lozano (ed.). Memoria Curso I Internacional, Ecología,

- manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.
- Hernández-Velázquez, V., D.M. Hunter, L. Barrientos-Lozano & R. Lezama-Gutiérrez. 2003.** Susceptibility of *Schistocerca piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) to *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina: Hyphomycetes): Laboratory and field trials. Journal of Orthoptera Research 2: 89-92.
- Hernández-Velázquez, V. M., A. M. Berlanga-Padilla & L. Barrientos-Lozano. 2000.** Vegetable and mineral oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var *acridum* to control the Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) (Orthoptera: Acrididae). Journal of Orthoptera Research 9: 223-227.
- Hunter, D. M. 2005.** Mycoperpesticides as part of integrated pest management of locusts and grasshoppers. Journal of Orthoptera Research 14: 197-201.
- Hunter, D.M., R.J. Milner., J.C. Scanlan & P.A Spurgin. 1999.** Aerial treatment of the Migratory locust, *Locusta migratoria* (L.) (Orthoptera: Acrididae) with *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in Australia. Crop Protection 18: 699-704.
- Hunter, D.M., R.J. Milner & P.A Spurgin. 2001.** Aerial treatment of the Australian plague locust *Chortoicetes terminifera* Walker (Orthoptera: Acrididae) with *M. anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). Bulletin of Entomological Research 91: 93-99.
- Lomer, C. J. & J. Langewald. 2001a.** What is the place of biological control in acridid integrated pest management?. Journal of Orthoptera Research 10: 335-341.
- Lomer, C.J., R.P Bateman, D.L. Johnson, J. Langewald & M. Thomas. 2001b.** Biological control of locusts and grasshoppers. Annual Review of Entomology 46: 667-702.
- Magalhaes, B.P. & M.R. de Faria 2005.** Controle de gafanhotos com fungos entomopatogénicos: perspectiva Brasileira, p. 171-179. In: L. Barrientos-Lozano & P. Almaguer-Sierra (eds.), Memoria 2º Curso Internacional Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en America Latina. Instituto Tecnologico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Magalhães, B.P. & D.G. Boucias. 2003.** The effects of drying on the survival *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver & Milner conidiospores. Journal of Orthoptera Research 13: 155-159.
- Magalhães, B.P., M.R de Faria., M. Lecoq, F.G.V. Schmidt., J.B.T. Silva., H.S. Frazão., G. Balança & A. Foucart. 2001.** The use of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. Journal of Orthoptera Research 10: 199-202.
- Milner, R.J. 2000.** Formulation of Entomopathogenic fungi, p. 187-189. In: Memorias XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, México.
- Milner, R.J. & D.M. Hunter. 2001.** Recent developments in the use of fungi as biopesticides against locust and grasshoppers in Australia. Journal of Orthoptera Research 10: 271-276.
- Milner, R.J. 2002a.** The history of Green Guard a fungal biopesticide for Australian locusts and grasshoppers, p. 142-153. In: L. Barrientos-Lozano (ed.), Memoria Curso I Internacional, Ecología, manejo y control de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Noviembre 5-7, 2001. Altamira, Tamaulipas, México.

- Milner, R.J. 2002b.** Biopesticides, Green Guard®. CSIRO, Australia. Pesticide Outlook 10: 20-24.
- Milner, R.J., L. Barrientos-Lozano, F. Driver & D. Hunter. 2003.** A comparative study of two Mexican isolates with an Australian isolate of *Metarhizium anisopliae* var *acridum*-strain characterization, temperature profile and virulence for wingless grasshopper, *Phaulacridium vittatum*. BioControl 48: 335-348.
- Scanlan, J.C., W.E. Grant, D.M. Hunter & R. J. Milner. 2001.** Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). Ecological Modelling 136: 223-236.
- Trujillo, G.P. 1975.** El Problema de la langosta *Schistocerca paranensis* Burm. Sociedad de Geografía y Estadística. Baja California, México. 151 p.
- Weissman, D.B., H. Song & L. Barrientos-Lozano. 2005.** Locust outbreak on Socorro Island, Islas Revillagigedo, Mexico. Entomología Mexicana 4: 102- 106.

Recibido: 3 de febrero del 2006

Aceptado: 20 de junio del 2006

**IDENTIFICACIÓN DE PARASITOIDES Y NIVEL DE PARASITISMO EN
PHYLLOCNISTIS CITRELLA STAINTON (LEPIDOPTERA:
 GRACILLARIIDAE) EN LIMÓN MEXICANO EN NUEVA ITALIA Y
 ZICUIRÁN, MICHOACÁN, MÉXICO**

FRANCISCO JAVIER AVENDAÑO-GUTIÉRREZ¹, ARMANDO EQUIHUA-MARTÍNEZ², JOSÉ L. CARRILLO-SÁNCHEZ² & NÉSTOR BAUTISTA-MARTÍNEZ²

¹ Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, Departamento de Investigación y Postgrado. Avenida Lázaro Cárdenas sur 377, Colonia Sarabia, Nueva Italia, Michoacán. C.P. 61760. México.
 avendano@colpos.mx

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco. C.P. 56230 México.

RESUMEN Los objetivos del presente trabajo fueron identificar los parasitoideos que atacan de manera natural al minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, y cuantificar su importancia relativa en dos localidades del Valle de Apatzingán, Michoacán, México. El trabajo se desarrolló de enero a diciembre de 2001. El muestreo y diseño experimental fueron completamente al azar y se colocaron en total 1394 trampas de tela organza. Como tratamientos se evaluaron *in situ* larvas de primero, segundo, tercer ínstar y pupas. La recolección del material se efectuó 30 días después de colocado. Los resultados indican la presencia de cuatro géneros de parasitoideos: *Cirrospilus*, *Horismenus*, *Quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae) y *Elasmus* (Hymenoptera: Elasmidae). Las larvas de tercer ínstar fueron preferidas por los parasitoideos con niveles de parasitismo mayores a 13.3%. El promedio de parasitismo de los cuatro géneros fue de 40.6%. *Cirrospilus* sp. fue el parasitoide más abundante con 216 especímenes colectados. El incremento poblacional del minador de la hoja de los cítricos y sus parasitoideos se observó durante los meses de máxima precipitación (agosto a octubre), como consecuencia de la producción de brotes que son la parte tierna de la planta donde la plaga oviposita y desarrolla sus larvas.

DESCRIPTORES *Cirrospilus*, *Elasmus*, *Horismenus*, Limón mexicano, minador, *Quadrastichus*.

ABSTRACT The objectives of this work were to identify the species of native parasitoids attacking the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton, and to evaluate their relative importance in two locations in the Valley of Apatzingan, State of Michoacan, Mexico. The work was conducted from January through December, 2001. Random sampling and a complete randomized design were used. A total of 1394 traps comprising organdy muslin were placed at field sites. First, second, and third instar larvae as well as pupae were evaluated *in situ*, these stages were considered as treatments. The material was collected 30 days after the traps were placed. Four genera of parasitoids were identified: *Cirrospilus*, *Horismenus*, *Quadrastichus*, (Hymenoptera: Eulophidae), and *Elasmus* (Hymenoptera: Elasmidae). Third instar larvae showed the highest parasitism (>13.3%). Total mean parasitism by the four genera was 40.6%. The most abundant parasitoid was *Cirrospilus* sp., with 216 specimens collected. Population increase by the citrus leafminer and parasitoids was observed during the months of highest rainfall (August through October), during the development of tree shoots, which are the tender parts of the plant where the leafminer lays its eggs and the larvae develop.

KEYWORDS *Cirrospilus*, *Elasmus*, *Horismenus*, Limón mexicano, minador, *Quadrastichus*.

INTRODUCCIÓN

México ocupa el sexto lugar mundial como productor de cítricos, con una superficie de 313,000 ha que representan 4.9% de la superficie dedicada a la fruticultura en el país. Los estados de Colima, Michoacán, Oaxaca, Guerrero y Jalisco son los principales productores de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm.) con una superficie de 75,760 ha y una producción de fruta para el consumo y la industria de 600,000 ton (Garza 1996). En el estado de Michoacán, la región más importante en producción de limón mexicano es el Valle de Apatzingán debido a que cuenta con una superficie aproximada de 26,320 ha (Chávez 1997).

A partir de 1994, el limón mexicano y otros cítricos han sido seriamente atacados en México por el minador de la hoja de los cítricos (MHC), *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) (Ruiz y Coronado 1996). Esta plaga se detectó por primera vez en Tamaulipas y después en Yucatán, San Luis Potosí, Nuevo León, Hidalgo, Michoacán, Guerrero, Morelos, Veracruz, Tabasco, Colima y Oaxaca (CNRCB 1995, Ruiz y Coronado 1996, Bautista 1997).

La regulación de las poblaciones de esta plaga se presenta de manera natural. Heppner (1993a), señala 39 especies parasitoides comprendidas en las familias Braconidae, Chalcididae, Eulophidae, Elasmidae, Encyrtidae, Eurytomidae y Pteromalidae. En México, Garza (1996) reporta que en el estado de Veracruz se ha determinado a *Cirrospilus* sp., *Horismenus* sp. y *Elasmus tischeriae* Howard, en naranja valenciana (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck); *Horismenus* sp., en toronja (*C. paradisi* Macfad) y limón persa (*C. latifolia* Tan); y a *Tetrastichus* sp., en mandarina (*C. reticulata* Blanco). En Colima se detectaron los eulófidos *Cirrospilus quadristriatus* (Subba Roa y Ramamani), *Zagrasoma multilinatum* (Ashmead), *Closteroserus* sp.,

Horismenus sp. y *Elasmus* sp. (Perales et al. 1996). En el campo, los parasitoides más frecuentes son *Galeopsomyia* sp., *Cirrospilus* spp., *Horismenus* sp., *E. tischeriae* y los depredadores *Crematogaster* aff. *brevispinosa* (Hymenoptera: Formicidae), *Leucauge argyra* Walckanaer (Araneae: Araneidae) y *Thymoites unimaculatum* Emerton (Araneae: Theridiidae) (Bautista y Bravo 1997).

Los reportes anteriores sobre la fauna benéfica asociada al MHC cobran importancia porque en el Valle de Apatzingán el principal control de la plaga está representado por el empleo de insecticidas, cuyo uso ha sido intensivo. Por ello, es urgente una reorientación fitosanitaria inmediata para atender simultáneamente la necesidad de la productividad del agroecosistema y la conservación de los enemigos naturales, de ahí que los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: i) identificar los parasitoides que se encuentran atacando al MHC; ii) cuantificar el nivel de parasitismo sobre la población del hospedero; y iii) la relación de la plaga y sus enemigos naturales con el régimen pluvial. Este estudio pretende valorar el papel que representa el control natural de los parasitoides nativos asociados con el MHC en el Valle de Apatzingán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán en limón mexicano (*C. aurantifolia*) de enero a diciembre de 2001. Ambas localidades se ubican en la región conocida tradicionalmente como Valle de Apatzingán, a 400 y 550 msnm respectivamente (CEVA 1983). El diseño experimental fue completamente al azar (Castillo 2002), evaluando cuatro estados de desarrollo del MHC asignados como tratamientos *in situ*: i) larva de primer ínstir (L1), ii) segundo ínstir (L2), iii) tercer ínstir (L3) y iv) pupa (PP), con ocho repeticiones (= fechas) y dos localidades (=huertos).



Fig. 1. Trampas hechas de tela organza para la colecta de parasitoides del minador de la hoja de los cítricos *P. citrella* en dos huertos de limón mexicano localizados en Nueva Italia (a) y Zicuirán (b), Michoacán, México, durante 2001.

En cada huerto, y cada diez días, se colocaron 20 trampas hechas de tela organza (Fig. 1) por tratamiento, asignando 10 a larvas y pupas que se encontraban en el haz e igual número en el envés de las hojas; en total se colocaron 1394 trampas. En cada huerto, la unidad experimental fue una hoja con daño evidente de la plaga, la cual se limpió (barrió) con una brocha de media pulgada para eliminar insectos que no eran de interés y de esta manera reducir el error en la captura de parasitoides. Al mismo tiempo, a la parte vegetativa cercana a la hoja, se le cortaron las espinas para evitar la destrucción de la tela organza y evitar el escape de parasitoides. La recolección de las hojas fue 30 días después de haber colocado las trampas. El material obtenido se colocó por 10 min en bolsas de plástico de 70 x 50 cm que en su interior contenían algodón impregnado de alcohol etílico a 96%.

Los parasitoides colectados se cuantificaron y se separaron por morfoespecie y tratamiento, se conservaron en frascos entomológicos que contenían alcohol etílico a 70% y se identificaron preliminarmente

usando las claves taxonómicas propuestas por Schauf y LaSalle (1996) y por comparación con ejemplares identificados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. Despues, se corroboró la información con el especialista del Orden Hymenoptera, Michael E. Shauff (Systematic Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture and Department of Entomology, Smithsonian Institution).

El número de adultos de parasitoides obtenidos de cada estado biológico de la plaga se comparó con un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) (SAS 1994).

Los registros de la precipitación pluvial fueron tomados de la estación meteorológica del Campo Agrícola Experimental y Agropecuario "A" del Valle de Apatzingán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El período de mayor infestación del MHC fue de agosto a octubre (Cuadro 1, Fig. 2). El promedio de parasitismo fue de 40.6% (Cuadro 1), valor bajo comparado con el 60%

Cuadro 1. Infestación y parasitismo natural del estado larval y pupal del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*, en dos huertos de limón mexicano en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán, México. 2001.

Localidad	Hospederos (MHC)	Mes	LP ¹	%LP ²	PP ³	%PP ⁴	%TP ⁵
N. Italia	240	Agosto	70.0	29.16	29.0	12.08	41.25
	240	Septiembre	84.0	35.0	23.0	9.58	44.58
	160	Octubre	40.0	25.0	24.0	15.0	40.00
Zicuirán	240	Agosto	81.0	33.75	27.0	11.25	45.00
	240	Septiembre	72.0	30.0	31.0	12.9	42.91
	160	Octubre	40.0	25.0	8.0	5.0	30.00
Promedio de parasitismo							40.62

¹ número de larvas parasitadas; ² porcentaje de larvas parasitadas; ³ número de pupas parasitadas; ⁴ porcentaje de pupas parasitadas; ⁵ porcentaje total de parasitismo.

Cuadro 2. Número de estados biológicos del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*, parasitados en dos huertos de limón mexicano en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán, México. 2001.

Localidad	Instar del huésped	Parasitoides colectados									Gran total	
		Agosto			Septiembre			Octubre				
		Haz	Envés	Total	Haz	Envés	Total	Haz	Envés	Total		
N. Italia	L1 ¹	4	7	11	6	14	20	5	3	8	39	
	L2 ²	8	13	21	8	8	16	5	7	12	49	
	L3 ³	13	25	38	19	29	48	12	8	20	106	
	PP ⁴	12	17	29	12	11	23	9	15	24	76	
Zicuirán	L1 ¹	5	10	15	7	3	10	2	4	6	31	
	L2 ²	6	14	20	6	13	19	7	9	16	45	
	L3 ³	18	28	46	15	28	43	13	5	18	107	
	PP ⁴	13	14	27	16	15	31	5	3	8	66	

¹ Larva de primer instar; ² larva de segundo instar; ³ lava de tercer instar; ⁴ pupa.

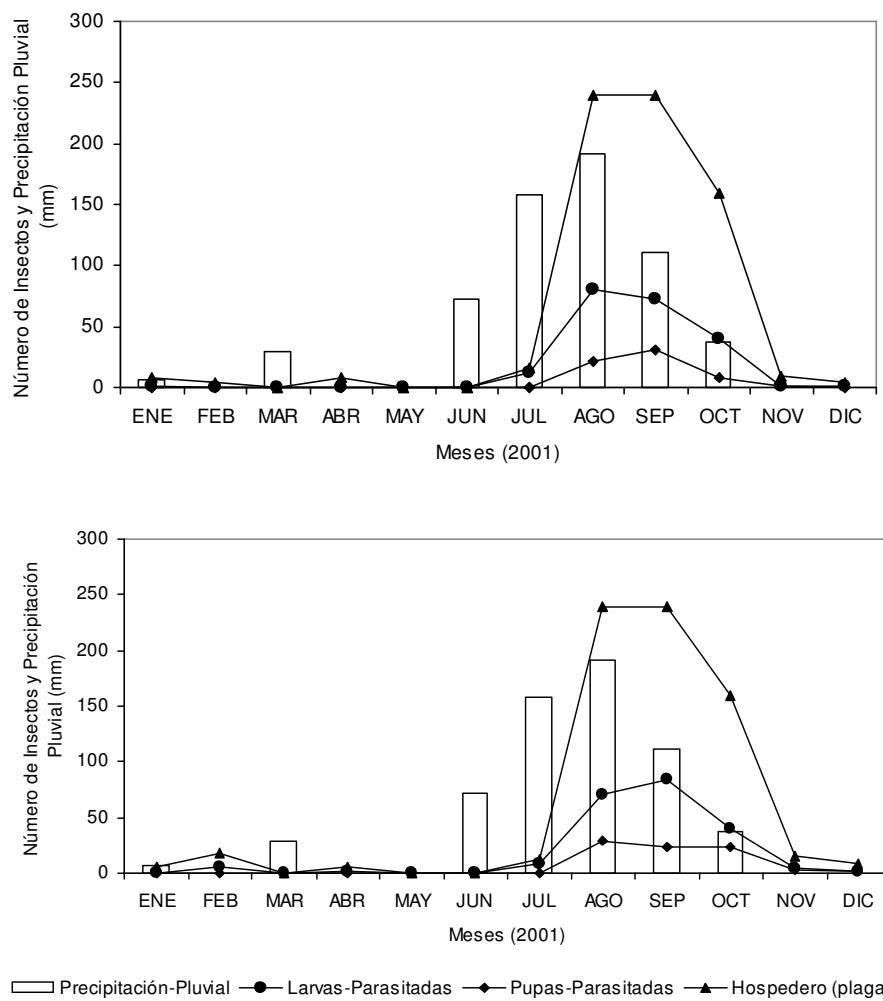


Fig. 2. Relación de inmaduros parasitados y no parasitados del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*, con la precipitación pluvial en limón mexicano en Nueva Italia (arriba) y Zicuirán (abajo), Michoacán, México. 2001.

USA. Bautista et al. (1998a) y Legaspi et al. (2001) registraron 70% de parasitismo en Veracruz, México.

A pesar que el MHC ha sido estudiado ampliamente, todavía existen brechas en el entendimiento de su biología. La Fig. 2 representa dinámicas muy similares de comportamiento entre el hospedante y el hospedero en ambas localidades de estudio. La densidad mínima del MHC observada de enero a julio se debió probablemente a las condiciones que no le favorecieron:

temperatura 33 °C, humedad relativa 28.3% y precipitación pluvial de 6.5 mm. Es probable que esta situación obligara al MHC a buscar refugios ecológicos que le proporcionaran mejor sobrevivencia.

A pesar que de enero a julio se observaron daños, el minador no completó su ciclo biológico al momento de retirar las trampas, probablemente porque se encontraba invernando o porque las hojas donde oviposito maduraron fisiológicamente más rápido. Lim y Hoy (2006) señalan que la baja densidad del

MHC puede ser debido a que se encuentra invernando. Por su parte Pieloor y Seymour (2001), citan que el fotoperiodo, la temperatura y la precipitación pluvial, son los componentes principales del ambiente que afectan la biología del MHC. Knapp et al. (1995) señalan que en Australia los brotes de las plantas sufren las infestaciones más serias del MHC durante el verano y el otoño. Smith (1997) cita que en esa época las condiciones de temperatura, humedad, régimen pluvial y los brotes tiernos en los árboles son favorables para la reproducción del MHC; en efecto, dicho autor menciona que en el verano y el otoño el ciclo biológico del MHC dura de 14 a 17 días, mientras que en otras épocas del año se prolonga de 30 a 52 días.

Estos reportes también coinciden con Bautista et al. (1998b), quienes citan que la población más alta del MHC en Cuitláhuac, Veracruz, se detectó en septiembre y octubre; sin embargo, ellos difieren de aquellos autores al mencionar que de abril a mayo existe otro período con alta infestación en Cuitláhuac. Robles y Medina-Urrutia (1996), mencionan que en Colima los picos más altos de daño fueron en los meses de noviembre y diciembre, y junio y julio, además encontraron una correlación negativa entre la precipitación pluvial, temperatura y presencia del MHC.

Diversos autores coinciden en que el MHC prefiere el tejido tierno del árbol, por lo que las diferencias encontradas se pueden explicar por la sincronía de infestación con los flujos vegetativos específicos de cada región, los cuales dependen del manejo y las condiciones pluviales (Hespenheide 1991, Heppner 1993b, Sponangel y Díaz 1994, Hoy et al. 1996, Peña 1997, Bautista et al. 1998b, Argov y Rössler 1998, Avendaño 2000). Asimismo, la densidad de los parasitoides estará en función de la fluctuación poblacional de la plaga.

Como resultado de la colecta y evaluación de parasitoides nativos del MHC, se observó que con excepción de octubre, éstos parasitan con mayor frecuencia a larvas de tercer ínsttar

que se encuentran en el envés de hojas (Cuadro 2), con 1 a 15 días de desarrollo vegetativo y longitud promedio de 1 a 3 cm. Esto reafirma lo citado por Herrera (1996), quien menciona que las larvas del MHC se encuentran en mayor densidad en el envés de las hojas, y Cano et al. (1996), quienes señalan que en un clima tropical-seco el parasitoide *Galeopsomyia fausta* LaSalle fue el más abundante seguido de *Horismenus* sp., *Cirrospilus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) y *Elasmus* sp. (Hymenoptera: Elasmidae).

Los parasitoides colectados, de acuerdo con la identificación taxonómica de Michael E. Schauff, pertenecieron a cuatro géneros dominantes: *Cirrospilus* sp., *Horismenus* sp., *Quadrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) y *Elasmus* sp. (Hymenoptera: Elasmidae). También se encontró un ejemplar de *Blepyrus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), que aunque no representó relevancia numérica en el período evaluado en este trabajo, no se descarta pueda ser importante en otra región y período. El porcentaje de parasitismo de los cuatro géneros se detalla en el Cuadro 3.

El ANOVA del número de individuos del MHC parasitados del Cuadro 2, mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). De acuerdo con la prueba de Tukey, el estadio con mayor índice de parasitismo fue la larva de tercer ínsttar (Cuadro 4).

La relación de *P. citrella* y sus parasitoides con la precipitación pluvial se aprecia en la Fig. 2. El pico poblacional de la plaga (hospedero) coincidió con el máximo período de lluvias y con el manejo agronómico que los productores dan al cultivo. En efecto, de noviembre a febrero se lleva a cabo la cosecha del fruto, dañando así a la planta; de marzo a mayo se realizan podas severas; y durante julio y agosto se fertiliza a base de urea, lo cual promueve una brotación vegetativa vigorosa. Lo anterior coincide con Knapp et al. (1995) y Binglin y Mingdu (1996), quienes señalan que la severidad del daño ocasionado por *P. citrella* está relacionado con el patrón de flujos

Cuadro 3. Número de individuos parasitados y porcentaje de parasitismo del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*, de los cuatro géneros dominantes encontrados en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán, México, durante el periodo de mayor infestación. 2001.

Mes	Parasitoide	Haz		Envés		Total		Parasitismo (%)	
		NI ¹	Z ²						
Agosto	<i>Cirrospilus</i> sp.	20	8	32	26	52	34	21.7	14.2
Septiembre	<i>Cirrospilus</i> sp.	19	5	29	24	48	29	20.0	12.1
Octubre	<i>Cirrospilus</i> sp.	16	2	19	16	35	18	21.9	7.5
Agosto	<i>Horismenus</i> sp.	6	5	11	12	17	17	7.1	7.1
Septiembre	<i>Horismenus</i> sp.	7	3	15	11	22	14	9.2	5.9
Octubre	<i>Horismenus</i> sp.	7	0	11	7	18	7	11.3	2.9
Agosto	<i>Quadrastichus</i> sp.	3	10	9	17	12	27	5.0	11.3
Septiembre	<i>Quadrastichus</i> sp.	5	6	11	16	16	22	6.7	9.2
Octubre	<i>Quadrastichus</i> sp.	2	3	5	6	7	9	4.4	3.8
Agosto	<i>Elasmus</i> sp.	6	9	12	21	18	30	7.5	12.5
Septiembre	<i>Elasmus</i> sp.	9	12	12	26	21	38	8.8	15.8
Octubre	<i>Elasmus</i> sp.	2	3	2	11	4	14	2.5	5.8

¹ Nueva Italia; ² Zicuirán.

Cuadro 4. Comparación del porcentaje de parasitismo entre los estados de desarrollo del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*, en limón mexicano en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán, México. 2001.

Tratamiento	Media	N	Grupo Tukey
Tercer ínstar	13.250	8	a
Pupa	9.500	8	a b
Segundo ínstar	6.125	8	b c
Primer ínstar	4.875	8	c

Promedios seguidos por letras iguales dentro de una misma columna, son estadísticamente similares (Tukey, $\alpha=0.05$).

vegetativos, los cuales a su vez difieren con la región geográfica, clima, variedad y condición fisiológica de la especie de cítricos. Trabajos realizados por Robles et al. (2005), señalan que el periodo de alta infestación del MHC fue durante las lluvias – promedio de 140 mm –, y cuando se cuantificó 95% de hojas minadas, a diferencia de enero a abril cuyo daño fue de 1%. Medina et al. (2001), citan que las brotaciones de hojas en limón mexicano son abundantes durante la época de lluvias, lo que

favorece el establecimiento del MHC. Por su parte Legaspi et al. (1999), hacen referencia a que el porcentaje de infestación del MHC bajó en la primavera y se incrementó durante el verano y otoño (septiembre a octubre), período en que la precipitación pluvial fue alta. Por su parte Díez et al. (2006), mencionan que en el sur de Texas, E.U.A., la densidad poblacional de *P. citrella* se incrementa durante primavera y otoño y declina en invierno.

CONCLUSIONES

- i) El período de mayor infestación y control natural del MHC para el Valle de Apatzingán fue de agosto a octubre, meses del año en que se encuentra bien establecido el periodo de lluvias.
- ii) Las larvas de tercer ínstar del MHC que se encontraban en el envés de las hojas presentaron mayor parasitismo.
- iii) Se colectaron en total 529 parasitoides del MHC pertenecientes a los siguientes cuatro géneros: *Cirrospilus* fue el más abundante con 216 insectos que representaron 48.7% del total; *Elasmus* con 125 ejemplares equivalentes a 23.6%; *Horismenus* y *Quadrastichus* con 95 y 93 insectos que representan 17.9 y 17.5% respectivamente.
- iv) El promedio de parasitismo fue de 40.6%.
- v) El incremento poblacional del MHC y sus parasitoides ocurrió durante los meses de máxima precipitación (julio a octubre), como consecuencia de la producción de brotes ocurridos en el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, M.C. Juan Jaime Guerrero Martínez, Biólogo Álvaro Reyes Martínez, Dr. Efraín Rivera Mejía y M.C. Berta Beltrán Bracamonte; por el apoyo económico del proyecto UR600-P008. Al Dr. Michael E. Schauff, por la determinación taxonómica de los parasitoides; y al Sr. Genaro Hernández Hernández, Presidente del Comisariado Ejidal de Zicuirán, por el apoyo brindado.

LITERATURA CITADA

Argov, Y. & Y. Rössler. 1998. Rearing methods for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton and its parasitoids in Israel. Biol. Control 11: 18-21.

Avendaño G., F. J. 2000. El minador de la hoja de los cítricos en Nueva Italia y Zicuirán, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 61 p.

Bautista M., N. 1997. Bioecología de *Phyllocnistis citrella* Stainton, minador de la hoja de los cítricos (Lepidoptera: Gracillariidae). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 73 p.

Bautista M., N. & H. Bravo M. 1997. El minador de la hoja de los cítricos. Folleto técnico para productores. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 12 p.

Bautista M., N., J. L. Carrillo S. & O. Morales. 1998a. Extractos vegetales para el control del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), p. 31-34. In: Memorias del I Simposio Internacional y IV Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de la Plaga. Acapulco, Guerrero. México.

Bautista M., N., J. L. Carrillo S., H. Bravo M. & S. D. Koch. 1998b. Natural Parasitism of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) at Cuitlahuac, Veracruz, México. Fla. Entomol. 81: 30-37.

Binglin, T. & H. Mingdu. 1996. Managing the citrus leaf-miner in China, p. 49-59. In: M. A. Hoy (ed.), Managing the Citrus Leafminer. Proceedings of the International Conference, 23-25 April 1996. Orlando, FL.

Cano E., A., A. de la Llana, J. Hernández, F. Ruiz, J. E. Peña & G. Evans. 1996. Dynamics and biological control of the citrus leafminer in Nicaragua, p. 76. In: M. A. Hoy (ed.), Managing the Citrus Leafminer. Proceedings of the International Conference, 23-25 April 1996. Orlando, FL.

- Castillo M., L. E. 2002.** Elementos de muestreo de poblaciones. Universidad Autónoma Chapingo. México. 238 p.
- [CEVA] Campo Experimental Valle de Apatzingán. 1983.** Características climáticas de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Michoacán, México. 22 p.
- [CNRCB] Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. 1995.** Distribución del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. SAGAR-DGSV. Tecomán, Colima, México. 3 p.
- Chávez C., X. 1997.** Paquete tecnológico para la producción de limón. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México. Folleto Desplegable para Productores. 97: 1-3.
- Diez P., A., J. E. Peña & P. Fidalgo. 2006.** Population dynamics of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoids in Tafí Viejo, Tucuman, Argentina. Fla. Entomol. 83: 328-335.
- Garza G., E. 1996.** Situación actual del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en México, p. 3-6. In: Memoria de la Primera Reunión Regional de Avances sobre Manejo Integrado del Minador de la Hoja en Limón Mexicano. Campo Agrícola Experimental Tecomán, Colima- INIFAP. Colima, México.
- Heppner, J. B. 1993a.** Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton in Florida (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). Trop. Lepidoptera 4: 49-64.
- Heppner, J. B. 1993b.** Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistinae). Florida Dept. Agric. Consumer Services, Div. Plant. Indust. Entomol. Gainesville, Florida. Circular 359. 2 p.
- Herrera A., J. 1996.** El minador de las hojas. Nueva plaga de los cítricos. Fonagro-Chincha Perú.1: 3-6.
- Hespenheide, H. H. 1991.** Bionomics of leaf-mining insects. Annu. Rev. Entomol. 26: 535-540.
- Hoy, M. & R. Nguyen. 1997.** Classical biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. Trop. Lepid. 8: 1-19.
- Hoy, A. M., R. Nguyen, M. A. Pomerinke, R. C. Bullock, D. G. Hall, J. L. Knapp, J. E. Peña, H. W. Browning, & P. A. Stansly. 1996.** Classical biological control of the citrus leafminer, p. 21-25. In: Florida Agricultural Conference and Trade Show. Citrus and Vegetable Proceedings. Horticultural Sciences Department Cooperative Extension Service. University of Florida. Gainesville, FL.
- Knapp, J. L., L. G. Albrigo, H. W. Browning, R. C. Bullock, J. B. Heppner, D. G. Hall, M. A. Hoy, R. Nguyen, J. E. Peña, & P. A. Stansly. 1995.** Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: current status in Florida, p. 1- 35. Florida Cooperative Extensión Service Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Gainesville. FL.
- Legaspi J. C., J. V. French, M. E. Schauff & J. B. Woolley. 1999.** The citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in south Texas: incidence and parasitism. Fla. Entomol. 82: 305-316.
- Legaspi J. C., J. V. French, A. Garza Z. & B. C. Legaspi, Jr. 2001.** Population dynamics of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), and its natural enemies in Texas and Mexico. Biol. Cont. 21: 84-90.
- Lim, U. T. & M. A. Hoy. 2006.** Overwintering of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), without diapause in Florida. Fla. Entomol. 89: 361-366.

- Medina U., V. M., M. M. Robles G., S. Barrera R., J. Orozco R., M. S. Orozco, G. Garza L., M. E. Ovando C., X. Chávez C. & F. A. Felix C. 2001.** El Cultivo de Limón Mexicano. INIFAP. Libro técnico número 1. Colima, México. 188 p.
- Peña J., E. 1997.** Estado actual del control biológico del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, p. 28-33. In: Simposio Internacional. Control Biológico del Minador de la Hoja de los Cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal. Guadalajara, Jalisco, México.
- Perales G., A., H. C. Arredondo B. & E. Garza G. 1996.** Native parasitoids of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton in Colima, Mexico. Southwestern Entomol. 21: 349-350.
- Pieloor, M. J. & J. E. Seymour. 2001.** Factors affecting adult diapause initiation in the tropical butterfly *Hypolimnas bolina* L. (Lepidoptera: Nymphalidae). Australian J. Entomol. 40: 376-379.
- Robles G., M. & V. M. Medina-Urrutia. 1996.** Fluctuación del daño de minador de la hoja de los cítricos en limón mexicano, p. 7-19. In: Memoria de la Primera Reunión Regional de Avance sobre Manejo Integrado del Minador de la Hoja en Limón Mexicano. Campo Agrícola Experimental Tecomán Colima- INIFAP. Colima, México.
- Robles G., M., V. M. Medina U. & V. A. Morfin. 2005.** Daños del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en limón mexicano. Revista Chapingo. Serie Horticultura 25: 379-386.
- Ruiz C., E. & J. M. Coronado. 1996.** Minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. Folleto Entomológico N° 1. Centro de Investigación, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tamaulipas. México. 2 p.
- SAS Institute. 1994.** The SAS System for Windows. Release 6.10. SAS Institute. Cary, NC.
- Schauff, E. M. & J. LaSalle. 1996.** Citrus leafminer parasitoids identification. Workshop Identification Manual. Systematic Entomology Laboratory. USDA, Nacional Museum of Natural History. NHB 168, Washington, D.C. 28 p.
- Sponangel, K. W. & F. J. Díaz. 1994.** El minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. Un insecto plaga de importancia económica en la citricultura de Honduras. Tegucigalpa: Fundación Hondureña Investigaciones Agrícolas. Honduras. 27 p.
- Smith, D. 1997.** Citrus pests and their natural enemies, p. 100-121. Integrated pest management in Australia. National Library of Australia. Gainesville: Univ. Florida

Recibido: 12 de agosto de 2006

Aceptado: 18 de enero del 2007

**RESPUESTA COMPORTAMENTAL DEL PARASITOIDE
CEPHALONOMIA STEPHANODERIS (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE)
A ESTÍMULOS QUÍMICOS DE SU HUÉSPED *HYPOTHENEMUS HAMPEI*
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

**JOSÉ MANUEL FELIPE-SILVESTRE, JAIME GÓMEZ,
JUAN F. BARRERA & JULIO C. ROJAS¹**

El Colegio de la Frontera Sur, Departamento de Entomología Tropical, Apdo. Postal 36, Tapachula,
Chiapas, México.

¹Autor para correspondencia, jrojas@ecosur.mx

RESUMEN La avispa *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) es un parasitoide primario de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), la principal plaga de este cultivo en el mundo. El presente trabajo fue realizado para investigar si estímulos químicos provenientes de la broca del café y de sus desechos alimenticios y fecales (DAF) influyen en el comportamiento de *C. stephanoderis* en condiciones de laboratorio, como un primer paso hacia el entendimiento del comportamiento de búsqueda de huésped de este parasitoide. Las hembras de *C. stephanoderis* fueron atraídas a la larga distancia por los DAF de su huesped, pero no por los estados inmaduros o por los adultos de la broca del café. A corta distancia el parasitoide fue atraído por compuestos liberados por los inmaduros de la broca del café. Compuestos presentes en los adultos e inmaduros de *H. hampei* y en sus DAF afectaron la locomoción de *C. stephanoderis*.

DESCRIPTORES Búsqueda de huésped, estímulo químico, ectoparasitoide, broca del café.

ABSTRACT The wasp *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) is a primary parasitoid that attacks pre-pupae and pupae of the coffee berry borer (CBB), *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), the most serious pest of coffee in the world. We performed a series of experiments in the laboratory to investigate the role of chemical cues used by *C. stephanoderis* during host location. In a Y-tube olfactometer, CBB immatures and adults were not attractive to female parasitoids, whereas the mixture of dust and frass collected from the infested coffee berries was highly attractive. At a short distance in a windless olfactometer, *C. stephanoderis* was attracted to CBB immatures and dust/frass. The locomotory behavior of parasitoids was clearly affected by methanolic and hexanic extracts of CBB adults and immatures, and dust/frass.

KEYWORDS Host location, chemical cues, ectoparasitoid, coffee berry borer.

INTRODUCCIÓN

Los estudios ecológicos que evalúan el comportamiento de los parasitoides pueden darnos una idea de la eficacia de las especies como agentes de control biológico (Mattiacci et al. 1999). Esta eficacia depende en gran

medida de su comportamiento de localización del huésped. Durante la localización del huésped, los parasitoides pueden usar señales complejas de corto y largo alcance como señales visuales, químicas, auditivas y táctiles (Godfray 1994). Por lo general, el estímulo químico juega un papel preponderante en este

proceso (Vet & Dicke 1992). Los compuestos químicos —infoquímicos— que mediatizan este comportamiento pueden originarse del herbívoro, de su alimento, de organismos asociados o de las interacciones de todos ellos.

La avispa *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) es parasitoide primario de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae). Las hembras de este parasitoide se alimentan y ovipositan externamente sobre prepupas y pupas de *H. hampei* (Barrera et al. 1989, Abraham et al. 1990). Las hembras ponen un solo huevecillo por huésped, y no pueden madurar los huevecillos hasta que no se hayan alimentado (Lauziere et al. 2000). Esta especie es originaria de África y fue introducida a México en 1988 para ser usada como un agente de control biológico de la broca del café y desde entonces varios aspectos de su biología han sido estudiados en detalle (Barrera 1994, Barrera et al. 2000). La información obtenida ha mostrado que *C. stephanoderis* presenta buenos atributos para el control biológico de *H. hampei*, tales como ciclo de vida más corto que su huésped, alta fecundidad y mayor longevidad, relación sexual a favor de las hembras, actividad parasitaria y depredadora, excelente capacidad de establecimiento y la facilidad de criarse en laboratorio (Barrera 1994). Barrera (op. cit.) afirma que teóricamente *C. stephanoderis* tiene alta capacidad de búsqueda de huésped; sin embargo, este comportamiento ha sido poco estudiado y los resultados obtenidos no han sido consistentes (Artiaga López 1993, Felipe Silvestre et al. 2003).

El presente trabajo fue realizado para investigar si estímulos químicos provenientes de *H. hampei* y de sus desechos alimenticios y fecales (DAF) influyen en el comportamiento de *C. stephanoderis* en condiciones de laboratorio, como un primer paso hacia el entendimiento del comportamiento de búsqueda de huésped de este parasitoide.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Los estados inmaduros, adultos y los DAF de la broca fueron obtenidos de frutos de café (*Coffea arabica* L.) infestados, colectados en plantaciones cercanas a Tapachula, Chiapas, México. Se utilizaron parasitoides de dos días de edad y sin experiencia en oviposición, los cuales fueron criados usando la técnica y condiciones descritas por Barrera et al. (1989).

Atracción a larga distancia. La respuesta de las hembras de *C. stephanoderis* a adultos, inmaduros o los DAF de la broca fue evaluada en un olfatómetro de tipo "Y" similar en diseño y operación al descrito por Rojas et al. (2006). El olfatómetro está hecho de dos cámaras de vidrio unidas a los brazos del tubo de 5.0 cm en forma de "Y". Las fuentes de olor evaluadas fueron colocadas en las cámaras de vidrio. El olor fue proyectado por aire previamente purificado con carbón activado. Se usó un flujo de 0.2 l/min controlado con un par de flujómetros (Gilmont Instruments, Barnant Co., Barrington, IL, EUA). Los parasitoides fueron colocados en grupos de cinco en tubos de plástico (7.0 cm de longitud por 0.8 cm de diámetro interno). Una hora antes de ser evaluados, los parasitoides fueron aclimatados a las condiciones en donde se realizarían las pruebas (luz blanca con una intensidad de 1767 luxes, temperatura de $26\pm1^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 60-70%). Antes de iniciar cada prueba, el tubo que contenía los parasitoides fue conectado al final del tubo "Y". La elección de los parasitoides por cualquiera de las dos cámaras de vidrio del olfatómetro fue registrada en un periodo máximo de 10 min. El bioensayo terminó una vez que los parasitoides llegaron al final de alguna de las dos cámaras, o que permanecieron en el tubo de liberación después de 10 min de observación. Después de cada observación el olfatómetro fue desarmado y lavado con agua, jabón neutro y

acetona, y secado a 100 °C por dos horas y enfriado por 10 min antes de ser utilizado. La posición de las cámaras que contenían las fuentes olorosas fue rotada después de cada repetición para evitar cualquier sesgo experimental. Los parasitoides fueron usados una sola vez. En total se realizaron 20 repeticiones por tratamiento, cada una consistente de cinco parasitoides.

Los materiales evaluados en este experimento fueron: 12 adultos, 12 inmaduros (seis larvas y seis pupas) y 30 mg de los DAF de *H. hampei* sin lavar y lavados con metanol y hexano. Los adultos e inmaduros fueron lavados con hexano o metanol por 1 min y antes de ser ofrecidos a los parasitoides se permitió que el disolvente residual se evaporara por 3 min. Los DAF fueron lavados por 60 min, y colocados posteriormente en una caja Petri para permitir que el disolvente residual se evaporara antes de evaluar su actividad. Después de este tiempo, los materiales a evaluar fueron introducidos al olfatómetro. La hipótesis nula de que los insectos no mostraron preferencia por alguno de los tratamientos evaluados (p. ej. proporción de respuesta hipotetizada de 50: 50) fue analizada usando una prueba *G* con corrección de Williams (Sokal & Rohlf 1995). Los insectos que no eligieron ninguno de los tratamientos fueron excluidos de los análisis.

Atracción a corta distancia. La posible atracción a corta distancia de la broca del café y sus desechos a *C. stephanoderis* fue evaluada en una caja Petri de cristal (5.5 cm diámetro x 0.9 cm altura). En el fondo de la caja fue puesto papel filtro en donde fueron colocados los materiales a evaluar. Los materiales evaluados fueron colocados en el centro de la caja y en un extremo fue liberado un parasitoide. Dos parámetros fueron registrados: i) el tiempo transcurrido desde que fue liberado el parasitoide hasta que hizo contacto con el material biológico y ii) el tiempo de permanencia sobre el material

biológico. Los materiales biológicos evaluados fueron los siguientes: i) 12 inmaduros (seis larvas y seis pupas), ii) 12 inmaduros lavados por 1 min con hexano, iii) 12 inmaduros lavados por 1 min con metanol, iv) ca. 30 mg de DAF, v) ca. 30 mg de DAF lavado por 60 min con hexano, y vi) ca. 30 mg de DAF lavado por 60 min con metanol. Cada material fue probado de manera independiente y después de cada repetición el papel filtro fue cambiado. En total se realizaron 50 repeticiones por tratamiento. Los datos fueron analizados por análisis de varianza y la prueba de Tukey (5%).

Influencia de extractos de la broca y sus desechos sobre la locomoción de *C. stephanoderis*. En este experimento se evaluó si los extractos hexánicos y metanólicos de los adultos, inmaduros de broca y los DAF afectaban la capacidad locomotora de los parasitoides. Un gramo de inmaduros, adultos o de los DAF fue depositado en un vial de vidrio al cual se le agregó 1 ml de hexano o metanol. El tiempo de extracción fue de 5 min. Para la evaluación de los extractos se utilizó una caja Petri (5.5 cm diámetro x 0.9 cm altura) con un papel filtro dividido en cuatro partes iguales y en un círculo central de 1.2 cm de diámetro. Con una micropipeta se aplicaron 100 μ l del extracto correspondiente en dos cuadrantes alternados (50 μ l en cada cuadrante) marcados sobre el papel filtro. En los dos cuadrantes restantes se aplicaron 100 μ l de disolvente, ya sea hexano o metanol, dependiendo del tipo de extracto usado. Un parasitoide fue liberado en el círculo central y fue registrado el tiempo que permaneció en dicho cuadrante. Por cada extracto evaluado se realizaron 30 repeticiones. El tiempo de permanencia fue analizado por la prueba *U* de Mann-Whitney.

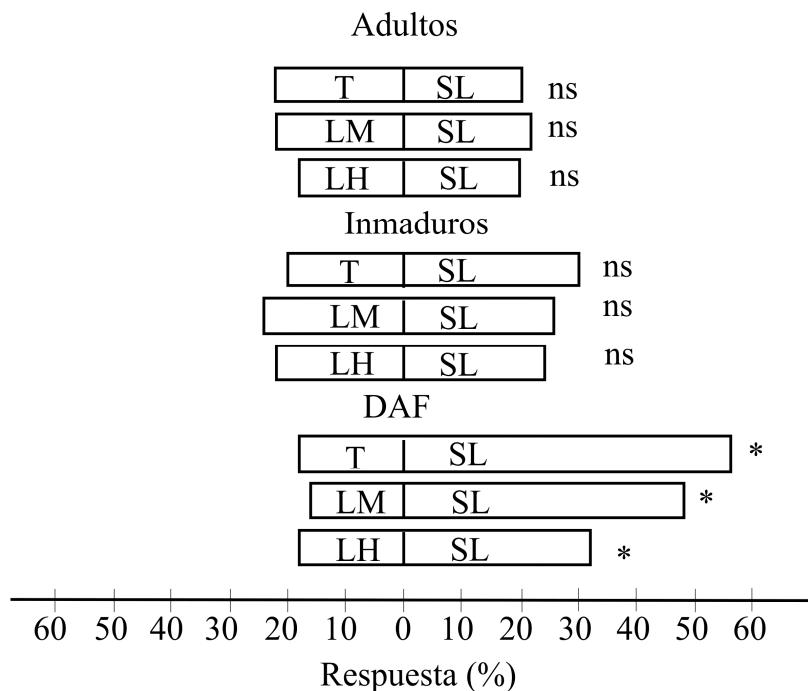


Fig. 1. Respuesta de las hembras de *Cephalonomia stephanoderis* a adultos, inmaduros y DAF de *Hypothenemus hampei*, en pruebas de no elección en el olfatómetro tipo “Y”. T: testigo (aire limpio); SL: sin lavar; LM: lavado con metanol; LH: lavado con hexano. Diferencias entre histogramas apareados (prueba de *G*) es indicada por ns: no significativa; *, $P < 0.05$.

RESULTADOS

Atracción a larga distancia. En las pruebas en el olfatómetro tipo “Y” se encontró que los adultos y los inmaduros de la broca del café no fueron atractivos para el parasitido. En contraste, los parasitoides fueron fuertemente atraídos a los DAF. La atractividad de los DAF se perdió cuando estos fueron lavados con los disolventes (Fig. 1).

Atracción a corta distancia. Se encontró que los parasitoides tardaron alrededor de 3 min en contactar a los inmaduros de broca sin lavar. El tiempo de contacto no fue afectado significativamente cuando los inmaduros fueron lavados con metanol. En contraste, los parasitoides tardaron aproximadamente 6 min

en encontrar a los inmaduros cuando éstos fueron lavados con hexano (Fig. 2). Una vez contactado el huésped, los parasitoides permanecieron más tiempo sobre los inmaduros no lavados y aquellos lavados con metanol que sobre los inmaduros lavados con hexano (Fig. 2), aunque esta diferencia no fue significativa. Por otro lado se observó que los parasitoides tardaron el mismo tiempo en contactar los DAF sin lavar y los lavados con disolventes, pero tardaron significativamente menos tiempo en contactar los DAF lavados con metanol que los lavados con hexano (Fig. 3). El tiempo de permanencia de los parasitoides sobre los DAF no fue afectado por el lavado con los disolventes (Fig. 3).

Influencia de extractos de la broca y sus desechos sobre la locomoción de *C. stephanoderis*. Los extractos metanólicos hexánicos de los adultos, inmaduros y DAF,

afectaron la actividad locomotora de *C. stephanoderis* en comparación con el testigo (Fig. 4). El extracto metanólico de los DAF fue el más activo. En el caso de los extractos

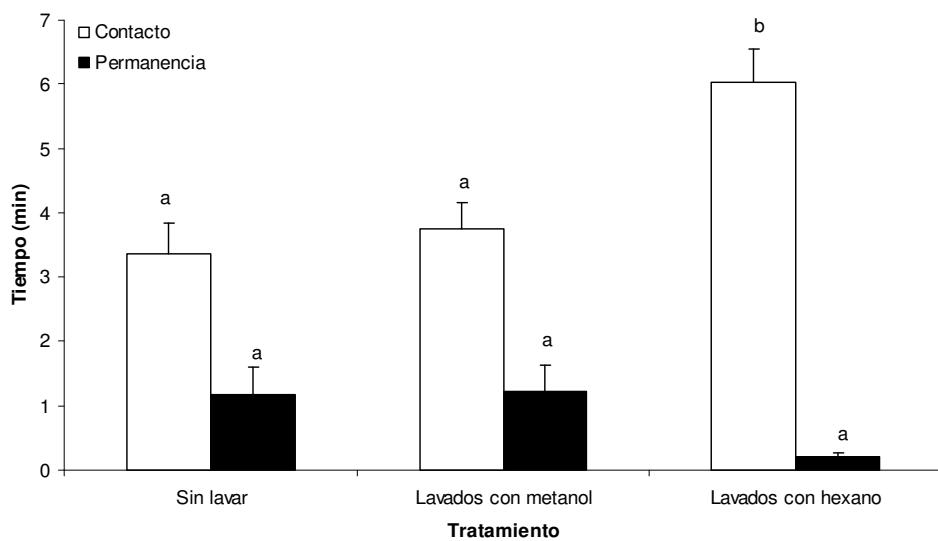


Fig. 2. Tiempo de contacto y permanencia de hembras de *Cephalonomia stephanoderis* sobre inmaduros de *Hypothenemus hampei* evaluados en cajas Petri. Histogramas dentro de cada parámetro (contacto o permanencia) compartiendo la misma letra no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

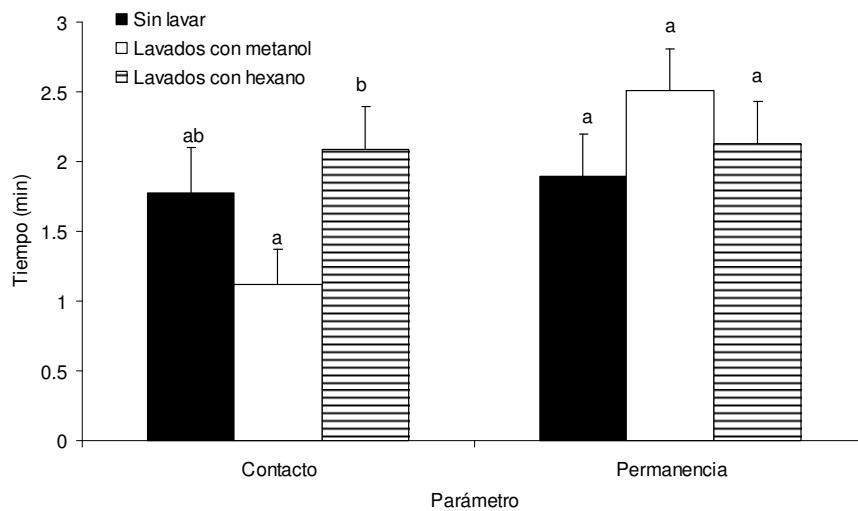


Fig. 3. Tiempo de contacto y permanencia de hembras de *Cephalonomia stephanoderis* sobre los DAF de *Hypothenemus hampei*, evaluados en cajas Petri. Histogramas dentro de cada parámetro (contacto o permanencia) compartiendo la misma letra no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

hexánicos, el extracto más activo fue el de los DAF, seguido por el de inmaduros.

DISCUSIÓN

El comportamiento de selección de huésped por parasitoides es por lo común dividido en tres etapas: la localización del hábitat del huésped, la localización del huésped y la aceptación del huésped (Vinson 1976), y es guiado siguiendo la detección de varios estímulos relacionados con el huésped. En este trabajo se investigó el papel de los estímulos químicos provenientes del complejo café-broca durante el proceso de localización del huésped por *C. stephanoderis*.

Primeramente, se demostró que los parasitoides fueron atraídos a distancia a los DAF, pero no a los adultos e inmaduros de *H. hampei*. En contraste con *C. stephanoderis*, la especie relacionada *Prorops nasuta* Waterston fue atraída a distancia por compuestos volátiles provenientes de los estados inmaduros de *H. hampei*, así como a compuestos de los DAF (Chiu et al. 2006).

El parasitoide de adultos de la broca del café, *Phymastichus coffea* LaSalle, fue atraído a los DAF de su huésped, así como a los frutos de café dañados artificialmente (Rojas et al. 2006). La atracción de *C. stephanoderis* a los DAF puede ser explicada debido a que este parasitoide ataca inmaduros de la broca y los DAF están íntimamente asociados con éstos, entonces los volátiles provenientes de los DAF se convierten en una señal altamente confiable de la presencia de su huésped.

Los resultados también sugieren que los inmaduros de *H. hampei* contienen compuestos atractivos a corta distancia para *C. stephanoderis*. Howard & Flinn (1990) han documentado que el parasitoide *Cephalonomia waterstoni* Gahan es atraído a corta distancia a compuestos depositados por larvas de su huésped *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). Una situación similar se reportó para *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) que

también usa estímulos químicos de la cutícula de su huésped *Oryzaephilus surinamensis* (L.) para localizarlo (Howard et al. 1998).

Finalmente, el presente estudio también mostró que *H. hampei* y sus DAF contienen compuestos químicos que afectan el comportamiento locomotor de *C. stephanoderis*. Es posible que la actividad hacia los adultos e inmaduros de la broca del café sea debido a la contaminación con los DAF; la menor actividad de los extractos de adultos e inmaduros parece darle fuerza a esta sugerencia. Generalmente, cuando un parasitoide encuentra productos de su huésped, provoca un cambio en su comportamiento locomotor, conservándolo sobre una planta infestada e incrementando la posibilidad de descubrir a un huésped potencial (Vinson 1998).

Actualmente se desconoce el origen de los compuestos que mediatizan el comportamiento de *C. stephanoderis*, pero existen varias posibilidades. En muchos sistemas tritróficos ha sido demostrado que los parasitoides son atraídos a los volátiles inducidos por el daño de los herbívoros (Turlings & Wäckers 2004). Si bien, *C. stephanoderis* puede ser atraído a frutos infestados por *H. hampei* (Artiaga López 1993, Chiu & Rojas datos no publicados), análisis químicos han mostrado que los frutos de café no emiten volátiles inducidos por el daño de la broca del café (Rojas 2005), por lo que la actividad hacia dichos frutos se puede atribuir a compuestos presentes en los frutos o en los DAF. Los compuestos que mediatizan el comportamiento de localización del huésped por *C. stephanoderis* podrían ser parte de los frutos del café, ser productos del metabolismo de los insectos o ser producidos por los microorganismos asociados a los inmaduros y DAF. En los casos de *P. nasuta* y *P. coffea*, el café parece tener un papel importante en la atractividad de los DAF, ya que cuando éstos provienen de la dieta artificial no son activos (Chiu et al. 2006, Rojas et al. 2006). El

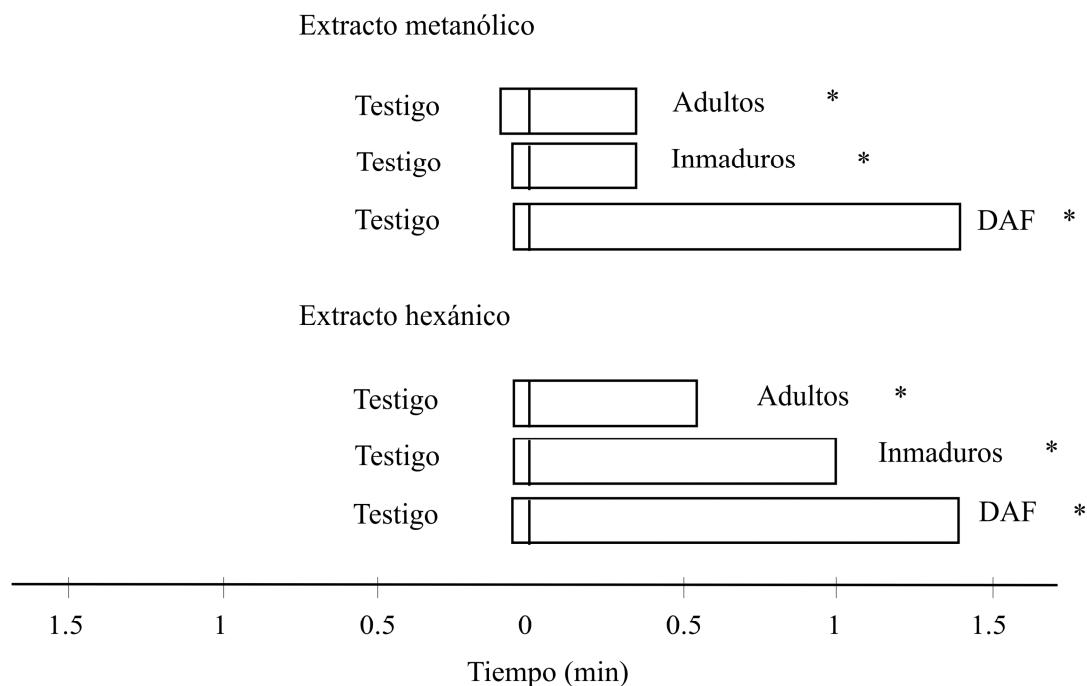


Fig. 4. Tiempo de permanencia (min) de las hembras de *Cephalonomia stephanoderis* en extractos metanólicos y hexánicos de adultos, inmaduros y DAF de *Hypothenemus hampei* comparados con un testigo (disolvente) evaluados en cajas Petri. Diferencias entre histogramas apareados (prueba U de Mann-Whitney) es indicada por *, $P < 0.05$.

compuesto que afecta el comportamiento de *Orgilus lepidus* Muesebeck, un parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller), proviene de la papa y es excretado por las larvas del herbívoro (Nordlund et al., 1988). El parasitoide *Microplitis demolitor* Wilkinson es atraído a 3-octanona y guaiacol, compuestos presentes en las heces de su huésped *Pseudoplusia includens* Walker (Ramachandran et al. 1991). El primer compuesto, sin embargo, también fue encontrado en plantas de soya, las cuales sirvieron de alimento de *P. includens*. Las heces de *Sitophilus granarius* (L.) contienen α -tocoferol, β -tocoferol, β -tocotrienol, colesterol, ergostenol y β -sitosterol que son usados por su parasitoide *Lariophagous distinguendus* (Foerster), como estímulos para reconocerlo (Steidle & Ruther 2000); la mayoría de estos compuestos

provienen de los granos de trigo, excepto el colesterol, que es biosintetizado por *S. granarium* a partir de precursores presentes en los granos. La actividad locomotora de *Diadromus pulchellus* Wesm., un parasitoide del herbívoro *Acrolepiopsis assectella* L. que se alimenta de plantas del género *Alium*, es considerablemente influenciada por disulfuros emitidos por heces larvales de *A. assectella* (Thibout et al. 1995). Estos compuestos son producidos por el metabolismo de sulfóxidos de alquenilcisteina por parte de bacterias presentes en *Alium*. Las bacterias pasan a través del tracto digestivo de la larva y son descargadas junto con pequeñas trozos de material vegetal.

Hasta el momento se desconoce la identidad química de los compuestos responsables de la atractividad a distancia de

los DAF, pero el hecho de que la actividad de éstos se haya perdido al lavarlos con hexano y metanol, sugiere que una mezcla compleja de compuestos, incluyendo compuestos no polares más volátiles y compuestos polares menos volátiles, es responsable de la atracción. En contraste, debido a que los compuestos atractivos a corta distancia fueron extraídos con hexano, sugiere que se trata de compuestos no polares volátiles. Los responsables de afectar la actividad locomotora parecen ser compuestos polares y no polares debido a que fueron extraídos con metanol y hexano, respectivamente. A pesar de que muchos estudios han documentado la importancia de los estímulos químicos durante el proceso de búsqueda de huésped por parásitoides, muy pocos han identificado químicamente los compuestos responsables (Auger et al. 1989, Ramachandran et al. 1991, Rutledge 1996, Steidle & Ruther 2000).

En conclusión, el parásitoide *C. stephanoderis* fue atraído a larga distancia por los DAF de su huésped, en tanto que a corta distancia el parásitoide fue atraído por compuestos liberados por los inmaduros de la broca del café. Los compuestos presentes en el huésped y sus desechos afectan la locomoción de *C. stephanoderis*. Al momento se desconoce la identidad química de los compuestos responsables de influir el comportamiento de localización de huésped de *C. stephanoderis*, pero los datos obtenidos en este trabajo indican que se trata de mezclas de compuestos. Se requieren estudios para elucidar el origen y la identidad química de los compuestos que afectan el comportamiento de *C. stephanoderis*. Los infoquímicos pueden ser usados para mejorar la eficiencia de *C. stephanoderis* a través del manejo comportamental (Vet & Dicke 1992).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONACYT (proyecto No. 40338-Q), por el apoyo

económico brindado para la realización de este trabajo.

LITERATURA REVISADA

- Abraham, Y. J., D. Moore & G. Godwin. 1990.** Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylidae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res. 80: 121-128.
- Artiaga López, T. 1993.** Respuesta olfativa de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) al complejo fruto de café-broca *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México.
- Auger, J., C. Lecomte, J. Paris & E. Thibout. 1989.** Identification of leek-moth and diamondback-moth frass volatiles that stimulate parasitoid, *Diadromus pulchellus*. J. Chem. Ecol. 15: 1391-1398.
- Barrera, J. F., J. Gómez, F. Infante, A. Castillo & W. de la Rosa. 1989.** Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) en laboratoire. I. Cycle biologique, capacité d'oviposition et émergence du fruti du cafier. Café Cacao Thé 33: 101-108.
- Barrera, J. F., F. Infante, W. de la Rosa, A. Castillo & J. Gómez. 2000.** Control biológico de la broca del café, p. 211- 229. In: M. H. Badii, A. E. Flores & L. J. Galán Wong (eds.), Fundamentos y perspectivas de control biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Barrera, J. F. 1994.** Dynamique des populations du scolyte des fruits du cafier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parásitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenop-

- tera: Bethylidae), au Chiapas, Mexique. Ph.D. Thesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Chiu, P., A. Virgen & J. C. Rojas. 2006.** Atracción de *Prorops nasuta*, un parasitoide de la broca del café, a los estímulos olfativos asociados al huésped. Entomología Mexicana 5: 404-409.
- Felipe Silvestre, J. M., J. C. Rojas, J. Gomez & J. Barrera. 2003.** El papel del estímulo químico durante la búsqueda de huésped del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae), p. 118-122. In: Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, Guadalajara, Jalisco, México.
- Godfray, H. C. J. 1994.** Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology. Princeton University Press.
- Howard, R. W. & P. W. Flinn. 1990.** Larval trails of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) as kairomonal host-finding cues for the parasitoid *Cephalonomia waterstoni* (Hymenoptera: Bethylidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 83: 239-245.
- Howard, R. W., M. Charlton & R. E. Charlton. 1998.** Host-finding, host recognition, and host-acceptance behavior of *Cephalonomia tarsalis* (Hymenoptera: Bethylidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 91: 879-889.
- Lauziere, I., G. Perez-Lachaud & J. Brodeur. 2000.** Effect of female body size and adult feeding on the fecundity and longevity of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 103-109.
- Mattiacci, L., E. Huntter & S. Dorn. 1999.** Host location of *Hyssopus pallidus*, a larval parasitoid of the codling moth, *Cydia pomonella*. Biol. Control 15: 241-251.
- Nordlund, D. A., W. J. Lewis & M. A. Altieri. 1988.** Influence of plant produced allelochemicals on the host and prey selection behaviors of entomophagous insects, p. 65-90. In: P. Barbosa & D. K. Letourneau (eds.), Novel aspects of insect-plant interactions. Wiley, NY, USA.
- Ramachandran, R., D. L. Norris, J. K. Phillips & T. W. Phillips. 1991.** Volatiles mediating plant-herbivore-natural enemy interactions: soybean looper frass volatiles, 3-octanone and guaiacol, as kairomones for the parasitoid *Microplitis demolitor*. J. Agric. Food Chem. 39: 2310-2317.
- Rojas, J. C. 2005.** Ecología química de la broca del café y sus parasitoides, p. 14-21. In: J. F. Barrera (ed.), Situación actual y perspectivas de la investigación y manejo de la broca del café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. El Colegio de la Frontera Sur y Sociedad Mexicana de Entomología.
- Rojas, J. C., A. Castillo & A. Virgen. 2006.** Chemical cues used by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of the coffee berry borer adults, *Hypothenemus hampei*. Biol. Contr. 37: 141-147.
- Rutledge, C. E. 1996.** Survey of identified kairomones and synomones used by insect parasitoids to locate and accept their hosts. Chemoecology 7: 121-131.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1995.** Biometry, the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman and Company, NY, USA.
- Steidle, J. L. M. & J. Ruther. 2000.** Chemicals used for recognition by the granary weevil parasitoid *Lariophagus distinguendus*. J. Chem. Ecol. 26: 2665-2675.
- Thibout, E., J. F. Guillot, S. Ferary, P. Limouzin & J. Auger. 1995.** Origin and identification of bacteria which produce kairomones in the frass of *Acrolepiopsis assectella* (Lep., Hyponomeutoidea). Experientia 51: 1073-1075.

- Turlings, T. C. J. & F. L. Wackers. 2004.** Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-damaged plants, p. 21-75. In: R. T. Cardé & J. Millar (eds.), Advances in chemical ecology. Cambridge University Press, UK.
- Vet, L. E. & M. Dicke. 1992.** Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annu. Rev. Entomol. 37: 141-172.
- Vinson, S. B. 1976.** Host selection by insect parasitoids. Annu. Rev. Entomol. 21: 109-133.
- Vinson, S. B. 1998.** The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. Biol. Contr. 11: 79-96.

Recibido: 13 de octubre del 2006

Aceptado: 12 de marzo del 2007

NORMAS EDITORIALES E INSTRUCCIONES PARA PUBLICAR EN VEDALIA

VEDALIA es una revista científica internacional que publica trabajos originales e inéditos sobre aspectos teóricos y aplicados del control biológico de artrópodos, maleza y microorganismos dañinos a la agricultura, ganadería, bosques, productos almacenados, áreas urbanas, y salud humana. La publicación de **VEDALIA** es responsabilidad de la Sociedad Mexicana de Control Biológico, A.C., y su objetivo es difundir y promover el desarrollo científico y tecnológico del control biológico. Se consideran para publicación en esta revista trabajos sobre la importación, conservación e incremento de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos), así como estudios sobre su distribución, cría, biología, ecología, comportamiento, morfología, taxonomía, y genética. Los estudios sobre relaciones tróficas, manejo integrado de plagas, diseño y aplicación de métodos estadísticos y modelos ecológicos, biotecnología, y distribución, biología y ecología de organismos nocivos, serán considerados siempre y cuando contribuyan al conocimiento y aplicación del control biológico.

No existe cargo alguno por la publicación de los artículos en **VEDALIA**. Se considerará las siguientes categorías de trabajos: **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS, ARTÍCULOS TÉCNICOS, NOTAS DE INVESTIGACIÓN, MONOGRAFIAS, EXPERIENCIAS y DEBATE**. La sección **EDITORIAL** estará a cargo de los editores, los que podrán invitar a colegas destacados a comentar sobre temas de actualidad y perspectivas del control biológico. Los artículos se publicarán en español o inglés. A los autores se les proveerá gratuitamente con 50 separatas de cada artículo publicado.

Los autores deberán considerar las siguientes normas e instrucciones para la preparación de los manuscritos:

1. Los manuscritos deberán ser enviados al editor a la siguiente dirección: ECOSUR, Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, C.P. 30700, México. Tel.: (962) 62-898-00 ext. 5410; o bien, al siguiente correo electrónico: revistavedalia@ecosur.mx con copia a somecobi@gmail.com. Los trabajos que cumplan con las normas e instrucciones aquí establecidas serán remitidos a dos árbitros independientes, expertos en el tema, los que opinarán sobre la aceptabilidad del trabajo. En caso de que haya divergencia entre los dos árbitros, se considerará la opinión de un tercero. Con base en la opinión de los árbitros, los editores dictaminarán la aceptación o rechazo del artículo. Los artículos rechazados no podrán ser considerados de nuevo en **VEDALIA**.
2. Los **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS** deberán incluir las siguientes secciones: Título, Autores (afiliación); Título abreviado; Resumen, Descriptores, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión (Resultados y Discusión podrá presentarse como una sección combinada), Agradecimientos (opcional), y Literatura Citada. No se aceptarán artículos con resultados preliminares, ni aquellos que no presenten claramente la metodología utilizada y/o el análisis de los resultados.
3. Los **ARTÍCULOS TÉCNICOS** incluirán el desarrollo de métodos e innovaciones tecnológicas sobre el estudio y utilización de agentes de control biológico. El formato incluirá: Título, Autores (afiliación), Resumen, Descriptores, Texto y Literatura Citada. El texto podrá incluir varias secciones o subtítulos.
4. Las **NOTAS DE INVESTIGACIÓN** incluirán observaciones, hallazgos, o

reportes cortos de investigación sobre un aspecto específico. Las notas no deberán exceder seis páginas a doble espacio y pueden incluir una tabla o figura. Las notas tendrán el siguiente formato: Título, Autores (afiliación), Texto, y Literatura Citada. Las notas no incluirán resumen y el texto no será dividido en secciones o subtítulos, aunque la introducción, metodología, y resultados se presentarán en párrafos diferentes.

5. Las **MONOGRAFÍAS** son revisiones bibliográficas y/o aportaciones originales sobre un tema de relevancia, sobre el cual los autores sean expertos. Esta categoría incluirá revisiones de taxa. El formato es igual que para los artículos técnicos.
6. Las **EXPERIENCIAS** se refieren a manuscritos sobre casos relacionados con la práctica del control biológico. El formato es igual que para los artículos técnicos.
7. La categoría **DEBATE** incluirá ensayos sobre aspectos polémicos del control biológico. El formato es igual que para los artículos técnicos.
8. Los manuscritos deberán capturarse en archivos electrónicos compatibles con Microsoft Word para Windows 2000 o Windows XP y enviarse al editor por correo electrónico. El manuscrito deberá tener una extensión máxima de 25 páginas impresas a doble espacio con márgenes de 2 cm en hojas tamaño carta con la fuente Times New Roman normal tamaño 12. A criterio del editor, los manuscritos propuestos como Monografías y Debates pueden tener una extensión mayor de 25 páginas.
9. No alinear el texto de los párrafos a la derecha e insertar la sangría con la tecla “Tab”. Numerar consecutivamente todas las páginas del documento, iniciando con la página del título. Numerar todas las líneas del documento (en “Configuración

de página” de Word), incluida la Literatura citada.

10. Si el manuscrito se envía por correo normal o mensajería, la impresión deberá ser de buena calidad y en papel blanco. Todos los trabajos deberán enviarse por correo electrónico o en un CD ROM que contenga el archivo cuando sean aceptados, además de una copia impresa, después de modificar el trabajo de acuerdo a las sugerencias de los árbitros y editores.
11. El texto deberá ser claro, conciso, directo, sin ambigüedades, y gramaticalmente correcto. No se deberá incluir párrafos de una sola oración, ni exagerar el tamaño de los mismos. Antes de enviar un artículo, deberán eliminarse todas las palabras, oraciones, párrafos, tablas, figuras y referencias innecesarias.
12. Cuando se mencione por primera vez un organismo, se deberá incluir el nombre científico completo, incluyendo el autor sin abbreviar (excepto Linnaeus [L.] y Fabricius [F.]), Orden y Familia. Las menciones subsecuentes del mismo organismo, incluirá solamente la inicial del género y el nombre completo de la especie. Cuando haya dos géneros con la misma inicial y al iniciar una oración con el nombre científico, utilice el nombre completo del género.
13. Utilice el sistema métrico decimal, en singular, sin punto; por ejemplo: cm, g, ha, kg, l, m, mg, ml, mm, ton. Utilice números antes de una unidad de medida y para cualquier cantidad mayor de nueve; ejemplos: 4 cm; cuatro jaulas; 10 parejas. Los valores menores que la unidad incluirán un cero antes del punto decimal. Para medidas de tiempo utilice las abreviaturas en singular y sin punto; por ejemplo: seg, min, h, d.
14. El **TÍTULO** deberá ser en mayúsculas, conciso, claro y representar adecuadamente el contenido del artículo. Incluir el

- Orden y Familia después del nombre científico de un organismo. Se deberá incluir el título en inglés cuando el manuscrito sea en español y viceversa.
15. Bajo el título, incluya el nombre del **AUTOR(ES)** y su afiliación (institución en la que se desarrolló el trabajo). En caso de que algún autor haya cambiado de institución, deberá indicarlo al pie de la página. No incluya el grado académico de los autores. Incluya el correo electrónico del autor principal.
 16. El **TÍTULO ABREVIADO** es una síntesis del título de cinco o siete palabras precedido del autor(es). Por ejemplo: Toledo et al.: Susceptibilidad de *A. oblicua* a *H. bacteriophora*.
 17. El **RESUMEN** deberá describir en un párrafo (250 palabras o menos) los aspectos más relevantes del trabajo, y explicar en forma sintetizada los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de la investigación. Se deberá incluir un resumen en inglés (**ABSTRACT**) cuando el manuscrito sea en español y viceversa.
 18. Bajo el resumen, se incluirán cinco **DESCRIPTORES** que identifiquen el contenido del artículo y que no hayan sido utilizados en el título. Por ejemplo: *Diatraea*, *Apanteles*, respuesta funcional, maíz, kairomonas. Se deberán incluir los descriptores en inglés (**KEYWORDS**) cuando el manuscrito sea en español y viceversa.
 19. En **INTRODUCCIÓN** se expondrá el problema, los antecedentes, la revisión de literatura correspondiente y los objetivos del estudio.
 20. En **MATERIALES Y MÉTODOS** se describirán con claridad y detalle los materiales utilizados y la metodología desarrollada durante el estudio. En esta sección y en la de Resultados y Discusión, se podrán incluir subtítulos, por ejemplo “Estudio de Laboratorio sobre virulencia del patógeno”; “Pruebas de campo sobre eficacia de parasitoides”. Se aceptan cuadros y figuras en esta sección siempre y cuando ayuden a esclarecer y documentar la metodología. Se deberá describir con precisión el diseño y los análisis estadísticos, y citar las referencias consultadas.
 21. En **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** se presentarán los resultados derivados del estudio, y su interpretación en función de las hipótesis planteadas y otros estudios similares. Deberán presentarse solamente los hechos más relevantes y cuyo análisis se haya efectuado correctamente. No presente resultados u observaciones que no tengan relación con el estudio, o cuya metodología no fue explicada en la sección correspondiente. El último párrafo deberá incluir las conclusiones más importantes. Los cuadros y figuras servirán como apoyo y serán explícitos por sí mismos; deberán ser simples, y la información no deberá repetirse en el texto, o en otro cuadro o figura. Las figuras y gráficas generadas en computadoras deberán ser de alta calidad. Los dibujos y fotografías (sólo se aceptan en blanco y negro a menos que el color sea parte importante de los resultados) deberán ser claros. En el texto del manuscrito deberá usarse la palabra “Fig.” para referirse a las figuras.
 22. La sección **LITERATURA CITADA** incluirá en orden alfabético las citas bibliográficas mencionadas en el texto. Ordene las referencias del mismo autor principal por año. Las referencias incluirán solamente artículos publicados o en prensa. Las comunicaciones personales o datos sin publicar serán citados como tales en el texto y se deberá anotar al pie de página la dirección e institución de quien haya proporcionado esa información. Deberán utilizarse las abreviaciones correctas de las revistas y

- publicaciones. El formato de las referencias se exemplifica a continuación:
- Clausen, C. P. 1940.** Entomophagous Insects. McGraw Hill, N.Y.
- Espinosa-Becerril, A. & J. L. Carrillo-Sánchez. 1986.** El hongo *Hirsutella thompsonii* Fisher en el control del eriófido del cocotero, *Eriophyes guerrerensis* (Keifer). Agric. Téc. Méx., 12: 319-323.
- Maddox, J. V. 1987.** Protozoan diseases, p. 417-452. In: J. R. Fuxa & Y. Tanada (eds.), Epizootiology of Insect Diseases. Wiley-Interscience, N.Y.
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2002.** Padrón Nacional de Cítricos 2002. Dirección General de Sistema de Información. CD-Rom.
- Evans, G. A. & A. B. Hamon. 2002.** Whitefly Taxonomic and Ecological Website. An On-line Interactive Catalog of the Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the World and their Parasites and Predators. Florida State Collection of Arthropods, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Gainesville, FL. 5 Nov. 2002. 19 Jan. 2007. <http://www.fwsc-dpi.org/homoptera_hemiptera/Whitefly/whitefly_catalog.htm>.
23. En una página aparte, después de la Literatura Citada, se deberán presentar de manera consecutiva todos los títulos de los cuadros y figuras. Cada cuadro o figura se deberá numerar y poner en páginas independientes al final del manuscrito.

14 de Noviembre de 2008

VEDALIA: EDITORIAL GUIDELINES AND INSTRUCTIONS TO AUTHORS

VEDALIA is an international scientific journal that publishes original articles that have not been published elsewhere, concerning theoretical and applied aspects of the biological control of arthropods, weeds and microorganisms that are deemed harmful to agriculture, livestock, forestry, stored products, urban areas, or human health. **VEDALIA** is published by the Mexican Society for Biological Control with the objective of disseminating and promoting scientific and technological developments on biological control. Original articles are accepted on importation, conservation and augmentation of natural enemies (parasitoids, predators and pathogens), as well as studies describing distribution, rearing, biology, ecology, behavior, morphology, taxonomy and genetics. Studies that concern trophic relationships, integrated pest management, development and application of statistical techniques, biotechnological advances or studies on pest biology, ecology and distributions will be considered providing that they contribute to better understanding or improved application of biological control.

No charges are levied for publication in **VEDALIA**. Manuscripts are classified into one of the following categories: **SCIENTIFIC PAPERS, TECHNIQUES, SHORT COMMUNICATIONS, MONOGRAPHS, EXPERIENCES, OR A DEBATE FORUM**. The **EDITORIAL** section is managed by the editors who may invite outstanding colleagues to contribute their opinions on key topics in biological control. Articles are published in Spanish or English. Authors are provided with a total of 50 reprints of their article, at no charge.

Authors should take note of the following rules and guidelines when preparing a manuscript for submission to **VEDALIA**:

1. Manuscripts should be sent to the Editor at the following address: ECOSUR, Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, C.P. 30700, Mexico. Tel.: (+52) 962 62 89 800 ext. 5410; or by e-mail to revistavedalia@tap-ecosur.edu.mx with a copy to somecobi@gmail.com. Manuscripts that meet the editorial guidelines described here will be sent out for review by two independent experts in the field, who will deliver their opinions on the quality and suitability of the study for publication. In cases where a divergence of opinion occurs between the reviewers, the verdict of a third reviewer will be sought. The editors will decide whether a manuscript will be accepted or rejected based on the opinions expressed by the reviewers. Articles that have been rejected from **VEDALIA** cannot be resubmitted.
2. **SCIENTIFIC PAPERS** should be structured as follows: Title, Authors (+ affiliation), Abbreviated title, Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, (Results and Discussion may be combined), Acknowledgements (optional), and References. Articles that describe preliminary results will not be accepted; neither will those that fail to adequately describe the methodology or analyses applied.
3. **TECHNIQUES** describe the development of new methods or technological innovations for the study of biological control agents and processes. Technical papers are structured as follows: Title, Authors (+ affiliation), Abstract, Keywords, Text and References. The text may be divided into sections or subtitles if desired.

4. **SHORT COMMUNICATIONS** describe observations, discoveries or short reports of studies on a specific aspect of biocontrol. Notes should not exceed six pages of double spaced text and may include one figure or table. Notes are structured as follows: Title, Authors (+ affiliation), Text and References. Notes do not require an abstract or subtitles within the text although methods and results may be presented as separate paragraphs.
5. **MONOGRADS** are literature reviews and original contributions concerning a relevant topic in which the authors are a recognized authority. This includes proposed revisions of taxa. The structure follows that of Techniques.
6. **EXPERIENCES** are manuscripts that relate cases involving the practical implementation of biological control. The structure follows that of Techniques.
7. The **DEBATE FORUM** includes essays concerning controversial or disputed aspects of biological control. The structure follows that of Techniques.
8. Manuscripts should be submitted as electronic files compatible with Microsoft Word for Windows 2000 or Windows XP. Files should be sent to the Editor by E-mail. Manuscripts should have a maximum extension of 25 pages of double-spaced Times New Roman font size 12 text with 2 cm margins on letter sized paper (8.5 x 11 inches). At the Editor's discretion, manuscripts submitted as Monographs or Debates may be more than 25 pages in extension.
9. Do not justify text or use tabs to inset the first line of each paragraph. Number all pages consecutively, starting with the title page. Use line numbering (in the "Page Layout" settings of Word) for all text including references.
10. Manuscripts sent as documents by post or courier should be printed to a high standard on good quality white paper. Submissions that have been accepted for publication should be sent by E-mail if possible, or should be submitted on a CD ROM containing the accepted version of the manuscript that has been modified in line with reviewer and Editor comments.
11. The text should be clear, concise, direct, unambiguous and grammatically correct. Paragraphs should comprise more than one sentence but should not be overly long. Manuscripts should be carefully checked for typographical errors. Unnecessary words, phrases, tables, figures and references should also be removed prior to submission.
12. The scientific name and authority, without abbreviation (except for Linnaeus [L.] or Fabricius [F.]), with Order and Family, should be included upon first mention of an organism. Subsequent mention requires only the name of the organism, given as the initial letter of the genus and the species name in full. When referring to species from two genera with the same initial letter, or at the start of a sentence, use the full genus + species names to avoid confusion.
13. Use the metric system in singular with no full stops, for example, mm, cm, m, km, mg, g, kg, ton, ml, l, ha, etcetera. Use figures before a unit of measurement and for any quantity greater than nine, for example, 4 cm, four cages, 10 plants. Values less than one include a zero before the decimal point. Refer to time measurements in the singular: msec, sec, min, h, d, wk, mo, yr.
14. The **TITLE** of the manuscript appears in upper case text and should be concise, clear and adequately describe the content of the paper. Include Order and Family after any species name. Manuscripts written in Spanish should include the title in English, and *vice versa*.

15. The names of the **AUTHORS** are placed beneath the title with their affiliations, i.e., the institutions in which the studies were performed, and the E-mail address of the corresponding author. If one or more authors have changed institution, this should be indicated in a footnote at the bottom of the page. Do not include the academic qualifications of authors.
16. The **ABBREVIATED TITLE** is a title of five to seven words that is preceded by the author's name. For example, Lacey & Unruh: Biological control of codling moth.
17. The **ABSTRACT** is one paragraph of text (maximum 250 words) that describes the most relevant aspects of the study and concisely explains the objectives, methods, results and conclusions of the study to the general reader. Manuscripts written in Spanish should include an abstract in English and *vice versa*.
18. Five **KEYWORDS** should be placed beneath the abstract. For example: *Diatraea*, *Apanteles*, functional response, maize, kairomones. Keywords should not repeat words used in the title and they should be supplied in both English and Spanish.
19. The **INTRODUCTION** should explain the problem being addressed, background and most relevant work published on the subject in question. The objectives of the study should be clearly stated.
20. The **MATERIALS AND METHODS** section presents a clear and detailed description of the materials used and the methodology employed to perform the study. This section may be divided into subheadings to improve clarity, e.g., "Laboratory studies on pathogen virulence", "Field trial on parasitoid efficacy". Tables and figures may be included in this section providing that they assist or improve understanding of the methodology. The design and statistical analysis of experiments must be described precisely, with appropriate references where necessary.
21. The **RESULTS** and **DISCUSSION** sections present the results of the study and their interpretation as a function of the proposed hypotheses and the results of comparable published studies. Only the most relevant facts should be reported and analyzed correctly. Results and observations that do not have a direct bearing on the study, or that were not described in the methodology, should not be mentioned. The most relevant conclusions should appear in the final paragraph. Tables and figures should provide support for statements made in the text and should be simple, self-explanatory, and not repeat information given in the text or in another table or figure. Computer-generated figures and graphs should be of high quality. Drawings and photographs should be very clear. Only black and white images are accepted unless color is essential to understanding the results. Figures should be referred to in the text using the word "Fig.".
22. The **REFERENCES** comprise an alphabetical list of literature cited in the text. References by one author should be sorted by year of publication. Only published papers or those currently in press may be cited. Personal communications or unpublished data should be cited in the text with a footnote giving the name, affiliation and address of the person who supplied the information. Journal names should appear in standard abbreviated form, such as given in the following examples:
Clausen, C. P. 1940. Entomophagous Insects. McGraw Hill, N.Y.
Espinosa-Becerril, A. & J. L. Carrillo-Sánchez. 1986. El hongo *Hirsutella*

thompsonii Fisher en el control del eriódido del cocotero, *Eriophyes guerreronis* (Keifer). Agric. Téc. Méx., 12: 319-323.

Maddox, J. V. 1987. Protozoan diseases, p. 417-452. In: J. R. Fuxa & Y. Tanada (eds.), Epizootiology of Insect Diseases. Wiley-Interscience, N.Y.

[SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2002. Padrón Nacional de Cítricos 2002. Dirección General de Sistema de Información. CD-Rom.

Evans, G. A. & A. B. Hamon. 2002. Whitefly Taxonomic and Ecological Website. An On-line Interactive

Catalog of the Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the World and their Parasites and Predators. Florida State Collection of Arthropods, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Gainesville, FL. 5 Nov. 2002. 19 Jan. 2007. <http://www.fasca-dpi.org/homoptera_hemiptera/Whitefly/whitefly_catalog.htm>.

23. Figure and table legends should be listed consecutively on a separate page following the References. Each table and figure should be numbered and placed on separate pages at the end of the manuscript.

14 November 2008